255-036

No. 93157 DEPARTMENT OF
22037 53705 LU
LIBRARY OF Vol. 23
University of Illinois.
Books are not to be taken from the Library Room.
REMOTE STORAGE

5/I-1

La Lumière Electrique

Journal universel d'Électricité

REMOTE STORAGE

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

JOURNAL UNIVERSEL D'ÉLECTRICITÉ

DIRECTEUR :

Dr CORNELIUS HERZ

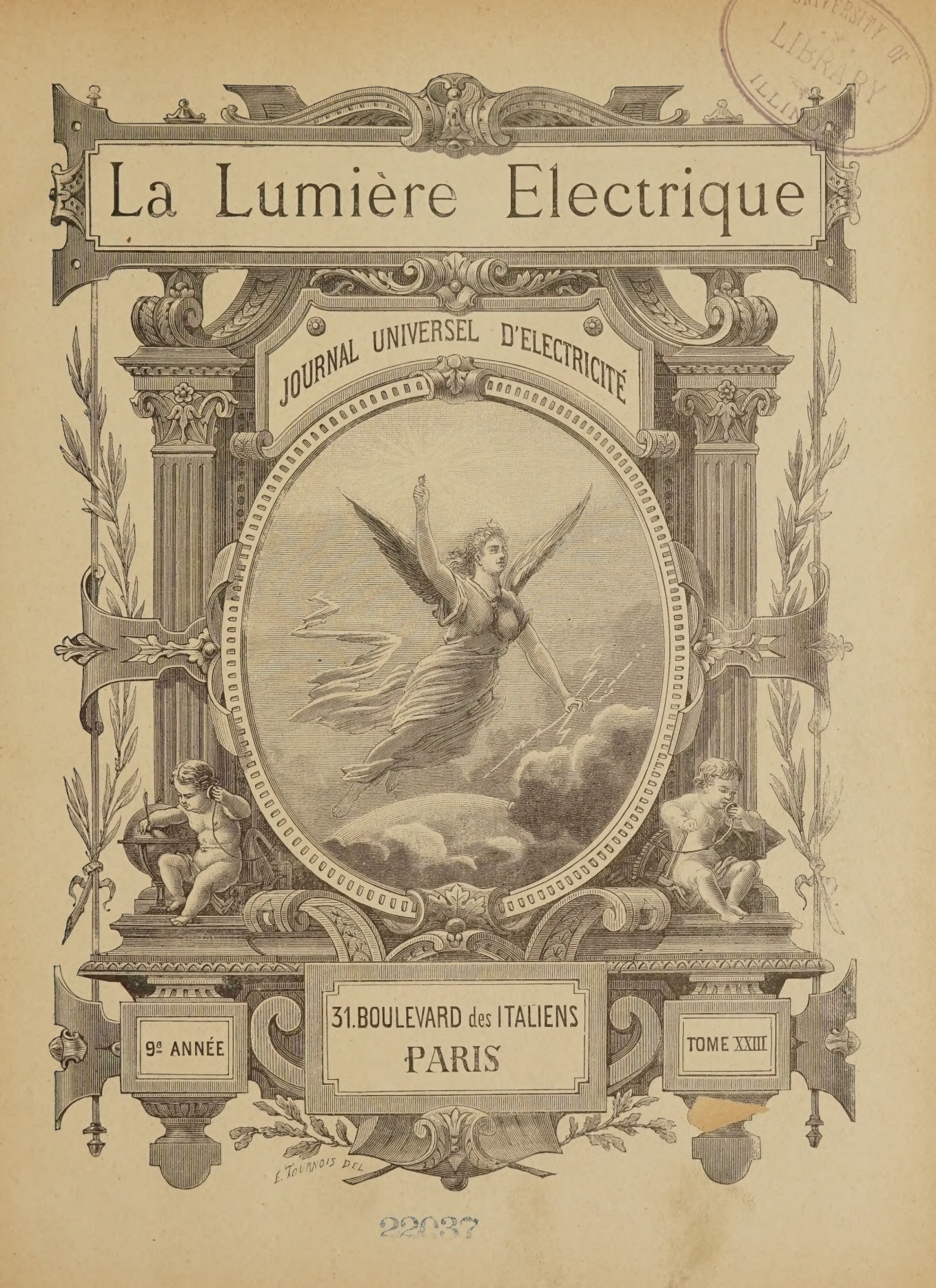
APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE
SCIENCE ÉLECTRIQUE, ETC.

TOME VINGT-TROISIÈME

UNIVERSITY OF
LIBRARY
ILLINOIS.

PARIS
AUX BUREAUX DU JOURNAL
31, — BOULEVARD DES ITALIENS, — 31

1887



UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY
22037

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

537.05
LU
V.23

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) — SAMEDI 1er JANVIER 1887 — N° 1

SOMMAIRE. — Le bouton micro-téléphone du docteur Cornelius Herz ; B. Marinovitch. — Théorie graphique des dynamos à courants continus ; R.-V. Picou. — Étude sur l'origine de l'électricité de l'atmosphère et sur les grands phénomènes électriques de l'atmosphère ; Firmin Larroque. — Prédétermination des caractéristiques des machines dynamo-électriques ; G. Kapp. — Revue des travaux récents en électricité : Sur le phénomène Peltier dans les liquides. — Nouvelle méthode de détermination du rendement commercial d'une dynamo ; par MM. Ravenshaw et Trotter. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — États-Unis ; J. Wetzler. — Variétés : Sur la communication télégraphique avec les trains en marche ; Ch. Ménabréa. — Faits divers.

LE

BOUTON MICRO-TÉLÉPHONE

DU

DOCTEUR CORNELIUS HERZ

Nos lecteurs connaissent le *bouton-téléphone* que nous leur avons présenté dans le premier numéro de l'année dernière. Rappelons néanmoins que le bouton-téléphone est destiné à remplacer dans les installations les sonneries ordinaires, les boutons d'appel : c'est la combinaison d'un contact de sonnerie, d'un commutateur automatique et d'un téléphone qui sert alternativement le transmetteur et le récepteur. Le bouton micro-téléphone est un bouton téléphone revu et augmenté : il comporte, en plus des organes mentionnés ci-dessus, un transmetteur microphonique.

C'est un véritable poste téléphonique complet, moins la pile. L'objet du présent article est de montrer qu'il est facile, étant donné des postes de ce genre et une pile centrale, d'utiliser le courant de cette pile pour alimenter les microphones des différents postes, et qu'on peut établir arbitrairement la communication d'une pièce à l'autre, soit par l'intermédiaire d'un bureau central, soit sans bureau central. Il s'agit, bien entendu, de téléphonie domestique, et les solutions cesseraient d'être pratiques pour de grandes distances.

La figure 1 représente en vraie grandeur la vue extérieure d'un bouton micro-téléphone.

L'appareil se compose de deux parties, dont l'une, généralement fixée au mur, renferme le microphone et le commutateur automatique, tandis que l'autre, mobile, contient le récepteur téléphonique et le bouton de sonnerie.

Les deux parties sont reliées par un cordon souple. La figure 2 représente la partie mobile prise isolément ou le bouton-téléphone seul. Les figures 3 et 4 montrent une vue de face avec arrachement et une vue postérieure de la partie fixe renfermant, comme nous l'avons dit, le microphone, la bobine d'induction et le commutateur automatique. La figure 3 permet de se rendre bien compte de la construction du microphone. Ce dernier est composé d'un diaphragme en charbon de 2 millimètres d'épaisseur, placé à 1,5 mm. de distance d'un bloc également en charbon ; le contact à résistance variable est formé par un groupe de petits crayons en charbon qui jouent dans des ouvertures inclinées ; les crayons appuient par leur extrémité positive sur le dia-

phragme en charbon sous l'action de leur propre poids et celle de petites boules de plomb qui les surmontent.

Sous le bloc de charbon dont il vient d'être fait mention se trouve logée la bobine d'induction. Le diaphragme de charbon est percé aux extré-

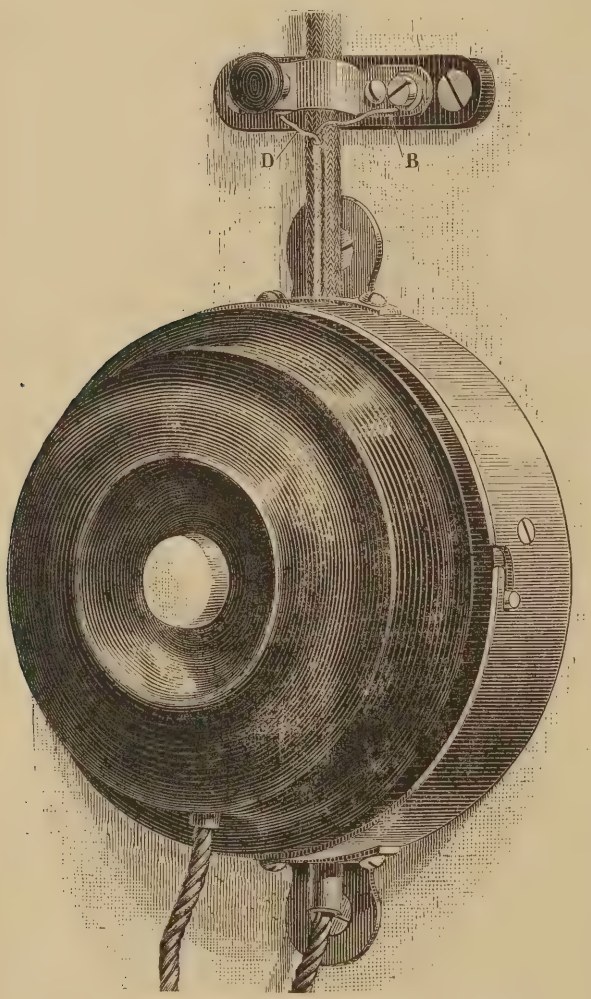


Fig. 1.

mités de son diamètre horizontal de deux ouvertures, à travers lesquelles font saillie deux petits taquets servant à la manœuvre du commutateur automatique.

Pour comprendre le fonctionnement de ce commutateur automatique dont les organes sont logés, ainsi que l'indique la figure 4, sur la face postérieure du socle, il est bon de se reporter au schéma de la figure 5 qui montre les connexions entre deux postes micro-téléphoniques alimentés par une seule pile que, pour la plus grande simplicité du dessin, nous supposerons placée entre les deux postes. Le commutateur est formé par une tige élastique en laiton T disposée horizontalement sur la face postérieure de l'appareil et à laquelle le jeu des taquets précédemment mentionnés imprime un mouvement d'arrière en avant, quand on décroche le bouton téléphone, et d'avant en arrière, quand on le replace sur son socle.

Dans le schéma de la figure 5, le poste n° 1 appelle le poste n° 2. Le bouton d'appel (fig. 1), est poussé vers l'intérieur, ce qui amène une pression du ressort *b* (poste I) contre la vis *v*, supprimant ainsi le contact *r* pour mettre la sonnette

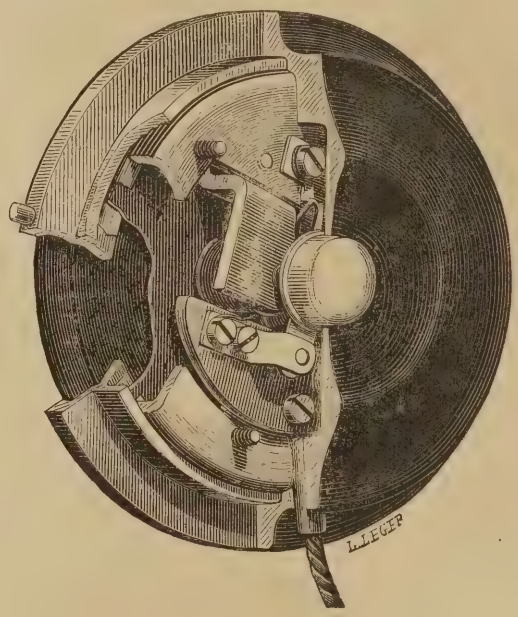


Fig. 2.

du poste I hors circuit et fermer le circuit de la pile à travers la sonnette du poste II.

Il est, en effet, facile de voir que l'on a un circuit fermé en partant du pôle positif de la pile et en passant par le fil B, le commutateur T, le poste II, la paillette 1, la sonnette, les ressorts *r* et *b* de ce même poste et en revenant au pôle négatif de la pile par le fil A, le ressort *b*, la vis *v* du poste I et le fil C.

Quand on ôte le bouton téléphone, la sonnette est mise hors circuit par le mouvement du commutateur T, qui abandonne la paillette 1 et fait

contact avec les paillettes 2 et 3, fermant ainsi le circuit primaire et le circuit secondaire de la bobine d'induction I et II.

Le circuit primaire est établi comme suit :

Du pôle positif de la pile au fil B, au commutateur T, à la paillette 3, puis à travers la bobine dont la seconde extrémité est reliée au diaphragme en charbon ; du diaphragme, le circuit est com-

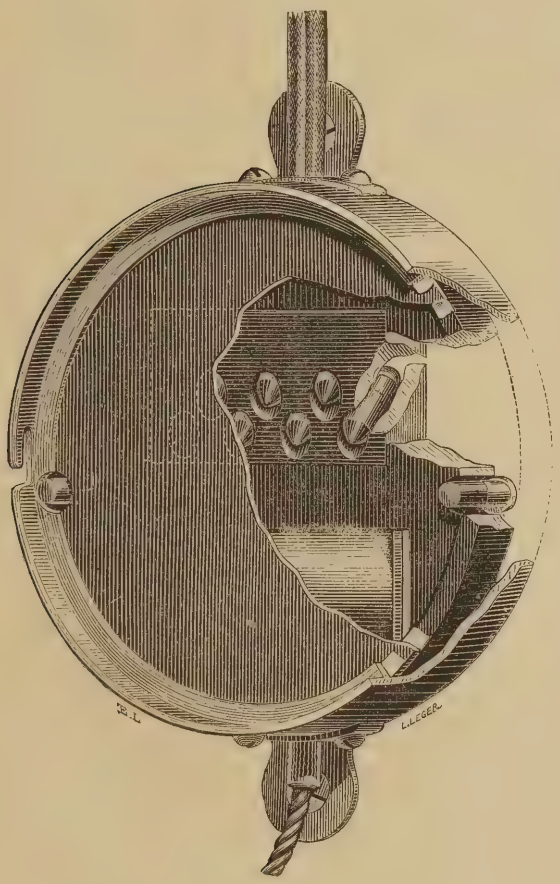


Fig. 3.

plété par les contacts à résistance variable et le fil C, qui communique avec le pôle négatif de la pile.

Le circuit secondaire passe par la paillette 2, le commutateur T, le fil B au poste II, puis par le commutateur T, la paillette 2, la bobine II, le récepteur R de ce poste au fil A, et retourne au récepteur R du poste I par la bobine II et la paillette 2.

On voit que, dans cet arrangement, les circuits primaire et secondaire ont une partie commune, partie commune qui, entre les deux postes, est représentée par le fil B. C'est là un dispositif très usité en Amérique, qui ne présente aucun inconvénient, et qui permet de faire l'économie d'un fil.

Le jeu du commutateur T est assuré par le mode d'assemblage des parties mobile et fixe du bouton micro-téléphone. Ainsi que le montre la

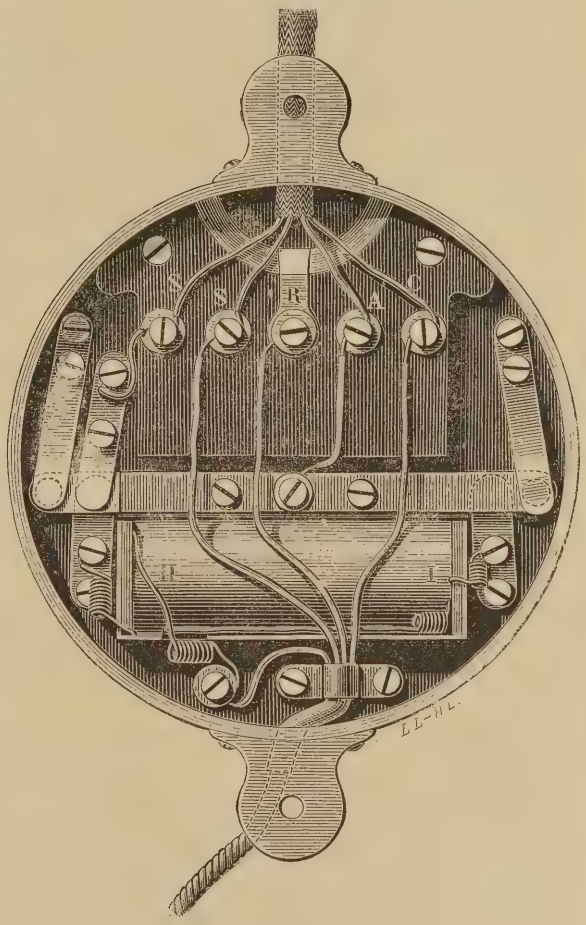


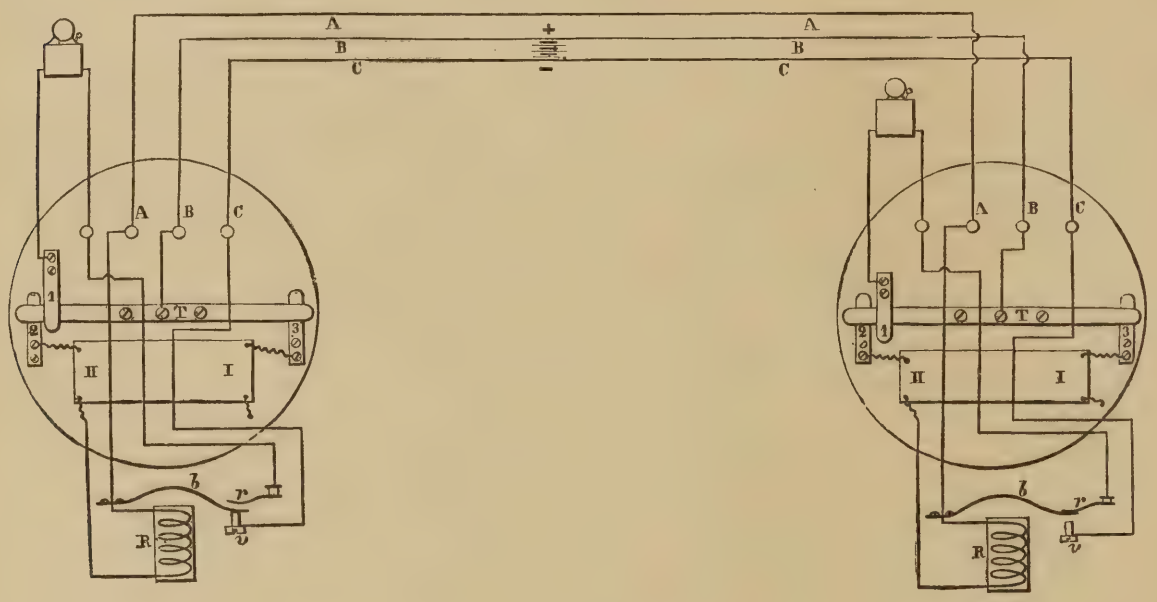
Fig. 4.

figure 1, la liaison des deux parties se fait par un assemblage à bayonnette ; ce mode de liaison est fort avantageux, car les deux parties se détachent et s'accouplent très facilement et, lorsque le poste est au repos, la position relative des pièces fixe et mobile est toujours la même.

Le cas de la figure 5 est un cas simple qui, évidemment, ne se présentera que rarement dans la pratique. En pratique, on aura presque toujours un nombre *n* de postes qu'il s'agira de relier entre eux et à une pile unique, de telle façon que cha-

que poste puisse appeler tous les autres. Le problème ainsi posé admet un assez grand nombre de solutions. Nous allons en indiquer quelques-unes.

Supposons d'abord que l'on s'interdise l'emploi d'un bureau central. La première solution qui dans ce cas s'offre à l'esprit, est celle représentée par la figure 6. Dans cette figure, T indique le commutateur automatique, F le microphone et le circuit primaire de la bobine d'induction, G le circuit secondaire de cette même bobine, R le bouton d'appel, et enfin D un commutateur à $(n - 1)$ direction pour un nombre n de postes. L'inspection seule de la figure montre qu'un poste peut appeler l'un quelconque des autres postes; il lui suffira de mettre son commutateur D sur le numéro du poste qu'il désire appeler, et d'appuyer sur le bouton R. Mais comme la conversation ne peut s'établir que si le poste appelé met son commutateur D sur le numéro du poste qui l'appelle, il faudra préalablement convenir que le poste d'ordre p appellera toujours les autres postes en appuyant p plusieurs fois sur son bouton de sonnerie.



Poste I Fig. 5. Poste II

Bien que ce soit là un inconvénient qui, dans certains cas, peut faire rejeter le système, nous croyons intéressant d'indiquer avec quelle facilité il devient possible de brancher de cette manière une installation de boutons micro-téléphoniques sur une installation de sonneries existante. On remplace d'abord chaque bouton de sonnette par un bouton micro-téléphone, une sonnette et un commutateur à autant de directions qu'il y a de postes, moins une. Puis on fait passer à travers toutes les pièces que l'on veut relier ensemble un câble composé d'autant de fils qu'il y a de pièces, et l'on établit les connexions comme dans le schéma de la figure, ce qui est extrêmement facile si l'on a soin de numéroter les fils du câble.

Si l'on veut que chaque poste soit informé, au moyen d'un annonciateur, de l'endroit d'où vient l'appel, l'installation devient un peu plus complexe.

La disposition du circuit, dans ce cas, est représentée schématiquement par la figure 7. On retrouve toujours le commutateur T, mais cette fois le bouton unique du bouton micro-téléphone est remplacé par autant de boutons qu'il y a de lignes, moins une.

Les lignes aboutissent au tableau annonciateur et traversent un petit électro-aimant, dont la palette ferme le circuit de la sonnette, lorsque l'électro est traversé par un courant. Ceci a pour but d'empêcher que les sonnettes de tous les postes se mettent en mouvement, lorsqu'un poste quelconque en appelle un autre. On pourrait, évidemment, au lieu d'employer autant d'électro-aimants qu'il y a de lignes, n'en employer qu'un

et faire passer dessus tous les enroulements correspondant aux différentes lignes.

Lorsqu'on a baissé un bouton d'appel, on ouvre le circuit de sa propre sonnerie et on met en court circuit le numéro de son tableau annonciateur, qui correspond au poste que l'on veut appeler, afin de ne pas faire sortir soi-même des numéros dans son propre poste. Le commutateur T fonctionne comme précédemment, mais on remarquera que le bouton d'appel devra être maintenu abaissé tout le temps que dure la conversation.

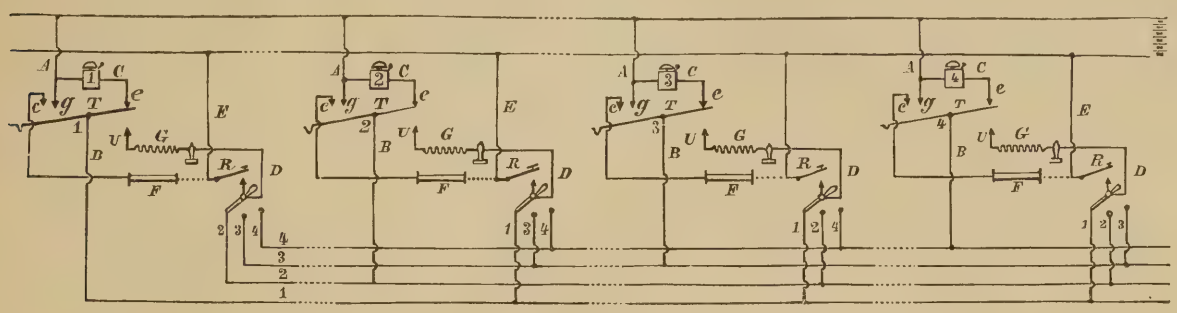


Fig. 8

La figure 10 représente la disposition schématique d'un poste microphonique automatique, basé sur le système que nous venons de décrire.

Les deux bornes marquées d'un M sont celles auxquelles aboutissent les fils du microphone. Le contact Y, qui est représenté en détail sur la figure 11, sert au rappel des numéros sortis. Le butoir *e* du crochet porte-téléphone est un ressort fixé d'un côté seulement, qui ne touche pas le contact Y, sous la seule action du poids du téléphone; mais il suffit d'appuyer légèrement, en accrochant le téléphone après une conversation, pour fermer

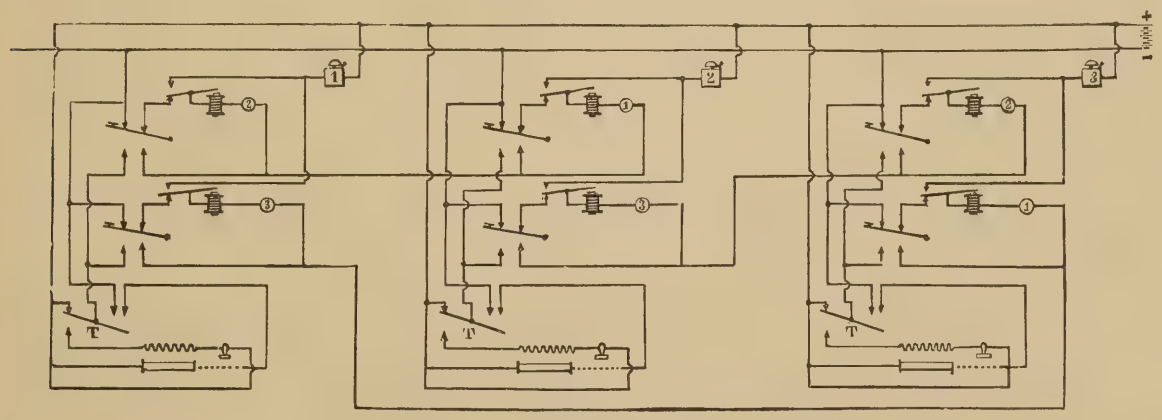


Fig. 7.

momentanément le circuit des bobines de rappel et effacer le numéro sorti.

Les figures 8 et 9 représentent un dispositif qui peut être employé pour maintenir automatiquement abaissés les boutons d'appel pendant la durée de la communication téléphonique, et pour les relever de même lorsque la conversation est achevée. Le commutateur T commande, au moyen d'une bielle B, une série de leviers coudés *l* mobiles autour d'un axe commun *o*. Lorsque le téléphone est accroché, les leviers *l* permettent de sonner librement, mais lorsque le téléphone sera décroché, les leviers auront joué de manière à empêcher que l'on puisse abaisser les boutons levés ou relever ceux qui sont abaissés.

On comprend donc, aisément, qu'il suffira d'abaisser un bouton d'une main et d'accrocher le téléphone de l'autre, pour établir la communica-

i on téléphonique correspondante. Cette communication se maintient d'elle-même jusqu'au moment où, la conversation étant terminée, on raccroche le téléphone. En ce faisant, on efface les numéros parus, on relève le bouton abaissé et on se place ainsi automatiquement dans la position d'attente.

Le principal inconvénient du système que nous venons de décrire est le grand nombre de fils qu'il nécessite. Il faut, en effet, pour n postes un

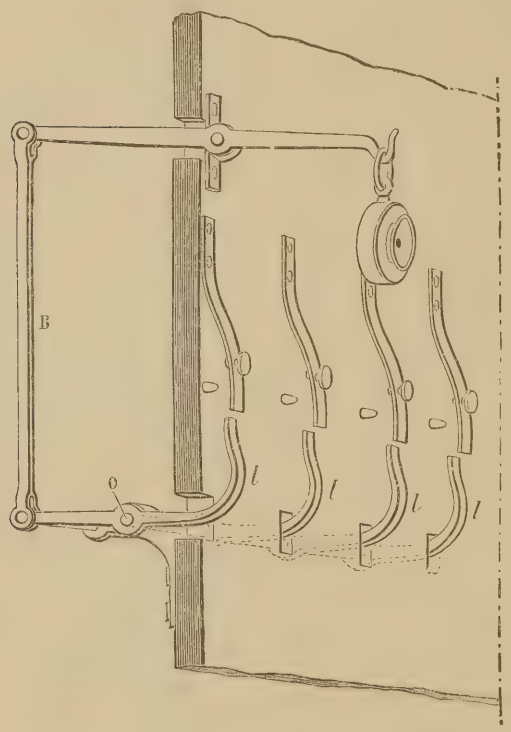


Fig. 8.

nombre de fils égal à $n\left(\frac{n-1}{2}\right)+2$, expression qui croît très rapidement avec n.

Lorsque le nombre des postes à faire communiquer ensemble est assez petit, on pourra souvent se contenter de relier les postes deux à deux, suivant le schéma de la figure 12 ou de la figure 14, ce qui nécessitera l'emploi de $n(n-1)+3$ ou de $n(n-1)+2$ fils, selon que les microphones seront capables de supporter le courant d'une fraction de la pile (fig. 12) ou celui de la pile entière (fig. 14).

Dès que le nombre de postes dépasse une certaine limite, la nécessité d'un bureau central apparaît. Le bouton micro-téléphone se prête très bien à ce genre d'installation : le système que nous allons décrire est celui qui, depuis plus de six mois, fonctionne de la façon la plus satisfaisante aux bureaux de notre journal. L'installation comprend une pile de quatre éléments Leclanché, un tableau annonciateur et seize postes micro-téléphoniques répartis dans les bureaux de la rédaction, l'imprimerie, l'administration et la loge du concierge. Chaque poste est relié au tableau annonciateur par quatre fils, et les connexions

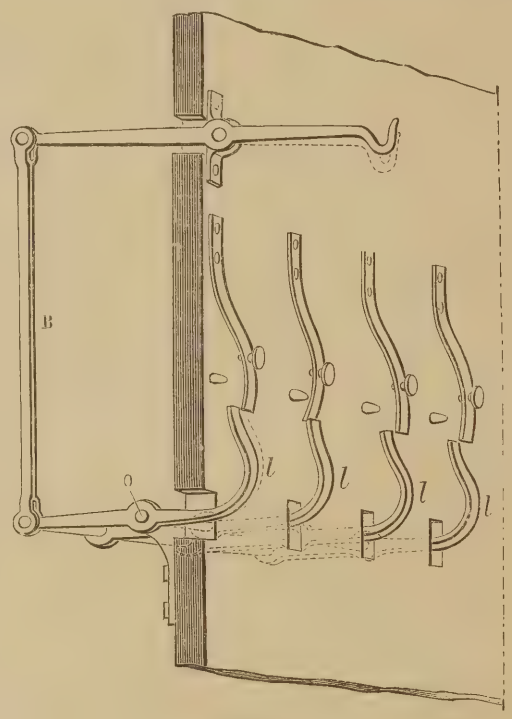


Fig. 9.

sont établies suivant le schéma de la figure 16. Le dessin montre tous les postes reliés au bureau central (deux postes quelconques peuvent, en effet, être reliés l'un à l'autre d'une façon permanente); les lettres I M désignent les microphones et les bobines d'induction, T le commutateur automatique, *b* le bouton d'appel du bouton micro-téléphone et *d* un deuxième bouton d'appel placé au-dessus du bouton micro-téléphone et qui est représenté sur la vue perspective de la figure 1. Ce deuxième bouton permet de toujours appeler le bureau central, même lorsqu'on est en communication permanente avec l'un des autres postes du réseau. Le bureau central, dont les figures 13 et 15 donnent une vue extérieure et un schéma, com-

prend une pile P, un bouton micro-téléphone avec sonnette, semblable à ceux des autres postes, et un nombre d'annonciateurs égal à celui des postes. Au-dessous de chaque annonciateur se

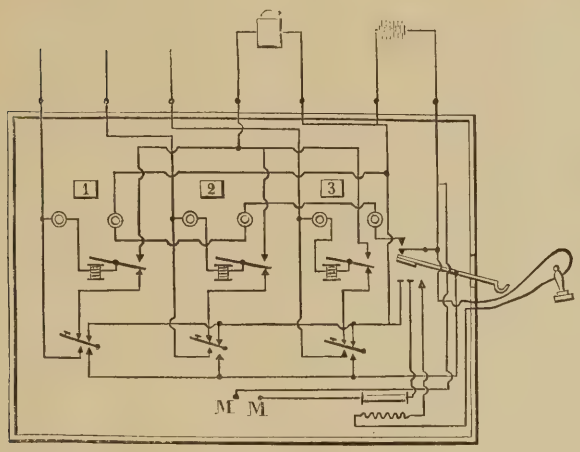


Fig. 10.

trouve un commutateur à cheville servant à mettre en relation deux postes ; ces communications s'établissent au moyen de cordons souples à un seul fil terminé par des chevilles F (fig. 15).

Ceci posé, il est facile de se rendre compte du fonctionnement du système. Lorsqu'un des postes appuie sur le bouton *b*, il fait tomber la plaque *d* (fig. 18), qui découvre son numéro sur le tableau annonciateur, car, en appuyant sur le bouton *b*, il ferme entre B et C (fig. 18), le circuit de la pile dans lequel se trouve l'électro-aimant E. Pour mettre en communication deux postes quelconques, le bureau central n'a qu'à enfoncer les deux chevilles F, qui terminent un cordon souple, dans les trous correspondants aux numéros à

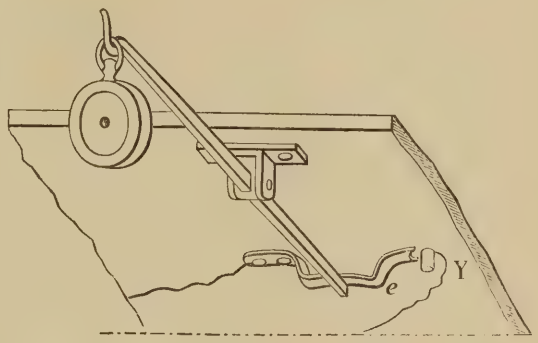


Fig. 11.

relier (fig. 18) ; par cette opération, il rompt pour chaque poste la communication des lignes C et D et établit la continuité de la ligne C d'un poste à l'autre. Les deux postes sont alors reliés par trois fils, suivant le schéma de la figure 5 ; ils peuvent se sonner l'un l'autre et, en décrochant leurs boutons-téléphones, entrer en conversation.

Comme le bouton micro-téléphone du tableau

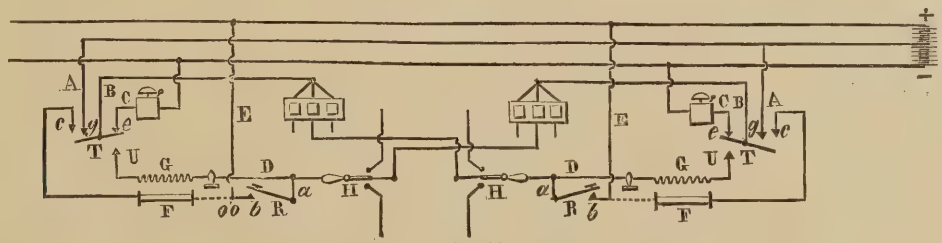


Fig. 12.

annonciateur est monté absolument de la même façon que les postes de la ligne, la personne placée au bureau central commence par se mettre elle-même en communication avec le poste qui appelle, pour demander avec qui ce poste veut être relié. — On n'a pas, en général, besoin d'affecter à ce service une personne spéciale ; il suffira, par exemple, lorsqu'il s'agit d'une administration, de mettre le tableau annonciateur dans une pièce où se tiennent plusieurs employés ; ils pourront, à tour de rôle, donner les communications. — Ce service pourra également être fait par les garçons de bureau qui sont chargés de recevoir les visiteurs.

S'il n'y avait que les trois fils A B C, deux postes reliés par l'intermédiaire du bureau central ne pourraient plus appeler ce même bureau pour demander à être reliés à d'autres postes ; de là la nécessité d'un quatrième fil D (fig. 16). Par ce fil, chaque poste reste constamment relié au

bureau central, et il lui suffit d'appuyer sur le bouton *d* pour faire apparaître son numéro au tableau annonciateur.

Ce système est extrêmement simple et il a subi, comme nous le disions plus haut, avec succès l'épreuve d'une pratique de plus de six mois.

Il nous reste à parler d'une variante de l'appareil micro-téléphonique, dont on comprendra les avantages par la description qui suit. Une cause d'inconvénients dans les postes téléphoniques ordinaires réside dans les dimensions relativement considérables du transmetteur et dans ce fait que la personne qui parle est obligée de prendre une certaine position, définie par rapport à l'appareil. Portant le récepteur à l'oreille, elle doit tourner la tête vers le transmetteur et s'en approcher assez près. L'attention de l'opérateur, qui devrait pouvoir se porter tout entière sur la conversation, est distraite dans une large mesure par cette nécessité où il est de subordonner tous ses mouvements aux conditions de bon fonctionment de l'appareil.

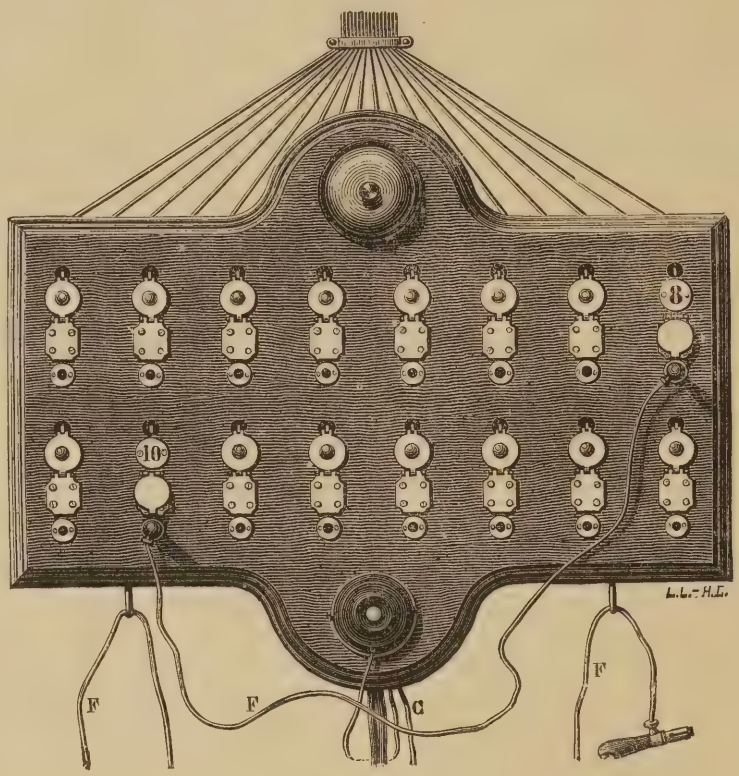


Fig. 13.

L'appareil que nous allons décrire est destiné à éviter ces inconvénients. Il consiste essentiellement, ainsi que le montre la figure 17, qui représente l'ensemble de deux postes, en une coquille allongée F, amincie à l'une de ses extrémités et évasée à l'autre, un cylindre G, attaché à la partie évasée de la coquille par un anneau fileté K et une pièce formant embouchure H. La coquille F contient la bobine d'induction I, le bouton d'appel L, le bouton M, qui commande le mouvement du commutateur T et le microphone. Le diaphragme N du microphone est assujetti à l'extrémité évasée et ouverte de la coquille. En arrière du diaphragme, qui est en matière conductrice et parallèle à ce diaphragme, se trouve disposé un barreau *o*, en matière isolante, fixé aux parois de la coquille; au centre de ce barreau est placé un petit tube *a* en charbon ou en toute autre substance microphonique. Le tube *a* laisse passer librement une tige de charbon qui, par une de

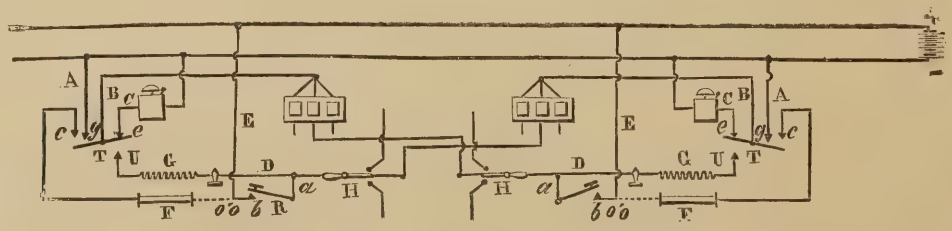


Fig. 14.

ses extrémités, est en contact avec le diaphragme N, l'autre extrémité étant reliée par l'intermédiaire du bouton *b* au ressort de réglage *c*.

Le cylindre G renferme un récepteur téléphonique, qui ne présente rien de particulier.

La coquille F est munie d'une série d'ouvertures V, placées immédiatement en arrière du barreau *o*; des ouvertures analogues sont ménagées dans l'anneau K, ouvertures qui communiquent avec l'espace compris entre le diaphragme N et le rebord rentrant du cylindre G.

Les communications électriques dans l'appareil, ainsi que le jeu des boutons L et M, se lisent à l'inspection seule de la figure. Le bouton L, quand il est abaissé, établit le contact entre le ressort *d* et une pièce fixe *e*. Le bouton M sert à manœuvrer le commutateur T; à l'état de repos, le bras T est en contact avec la vis *j*; lorsqu'on appuie sur le bouton M on rompt d'une part le contact entre *j* et T et on établit d'autre part le contact entre T et *i*, en même temps que par la lamelle métallique *f* isolée du bras T on fait communiquer les contacts *g'* et *h*.

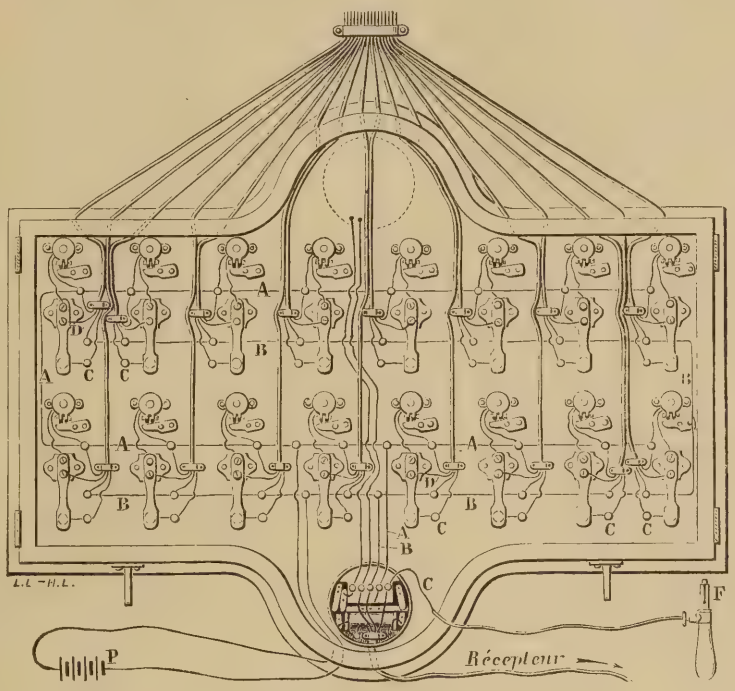


Fig. 15.

Le fonctionnement de l'appareil a lieu comme suit :

Si le poste I désire établir la communication, l'opérateur saisit l'instrument de façon à appuyer sur le bouton L, sans toucher au bouton M. Le contact est ainsi produit entre *d* et *e*, ce qui ferme le circuit de la pile sur la sonnette du poste II, savoir : du pôle positif de la pile par la ligne D, le fil D' du poste II, la sonnerie de ce poste, le fil E, le contact *j*, le bras T, les fils *l* et B', la ligne B, le conducteur B' du poste I, le contact *e*, le ressort *d*, le fil C', le fil de ligne C et enfin le pôle négatif de la pile.

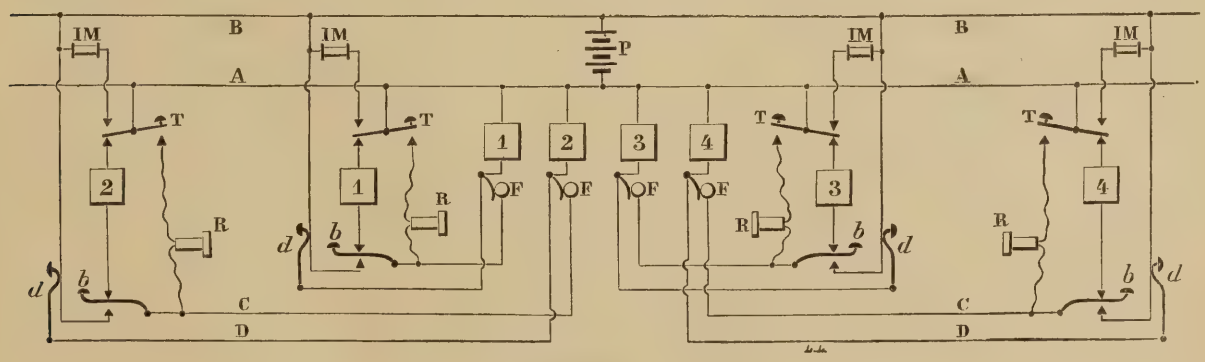


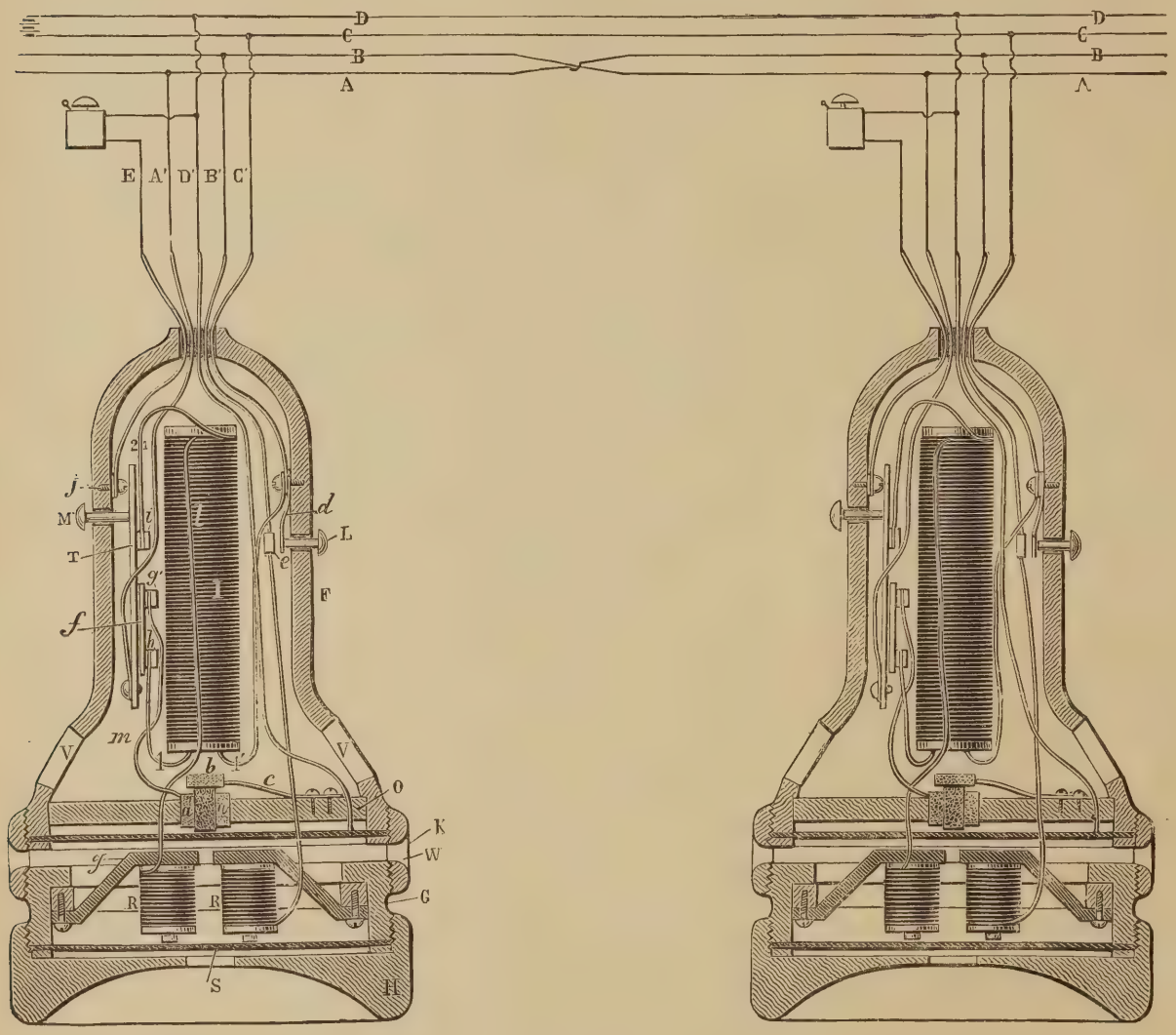
Fig. 16.

L'opérateur du poste II étant ainsi avisé que le poste I désire parler, saisira l'instrument de façon à pousser le bouton L, sans toutefois toucher le

bouton M. Ceci met en activité la sonnerie du poste I, la marche du courant étant la même que celle qui vient d'être décrite.

Les deux opérateurs cessent alors d'appuyer sur le bouton L et appuient tous deux sur le bouton M, ce qui a pour effet de fermer le circuit microphonique de chaque poste sur la pile et de fermer également le circuit commun aux deux récepteurs.

Pour le poste I, le circuit du microphone est le



Poste I Fig. 18. Poste II

suivant : du pôle positif de la pile au pôle négatif par le fil de ligne D, le conducteur D', le diaphragme N, le contact microphonique *a*, le fil *m*, les contacts *g' f h*, le circuit primaire de la bobine d'induction (1, 1'), l'extrémité fixe du ressort *d*, le conducteur C', et enfin le fil de ligne C. Pour le poste II, le circuit microphonique est exactement le même.

Le circuit commun aux deux récepteurs, normalement ouvert en *i*, se trouve fermé en ce point par suite de la manœuvre du commutateur T ; ce circuit est complété en dehors des appareils par les fils de ligne A, B et les conducteurs souples A' B'.

Durant la conversation, l'appareil est constamment maintenu appuyé contre l'oreille et les mots

sont articulés sur le ton ordinaire de la conversation, sans qu'il soit nécessaire de diriger les vibrations sonores vers un point particulier de l'espace; les ondes sonores se propagent suivant des

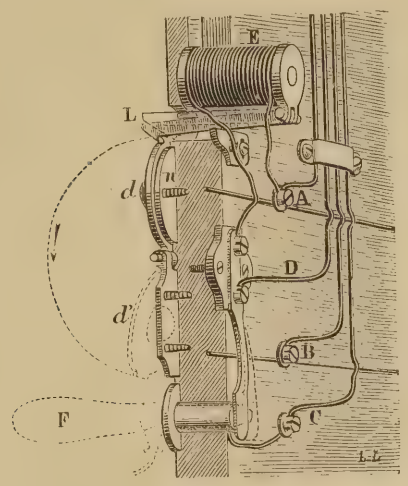


Fig. 17.

sphères concentriques et par les ouvertures V et W, agissent sur le microphone de la manière ordinaire.

La conversation peut donc être entretenue avec une très grande facilité et sans aucune contrainte pour la personne qui se sert du téléphone.

L'ensemble des appareils que nous venons de décrire constitue, à nos yeux, un progrès important dans la question si intéressante de la téléphonie domestique.

B. Marinovitch

THÉORIE GRAPHIQUE

DES

DYNAMOS A COURANTS CONTINUS

EXPOSÉ GÉNÉRAL.

Toute la théorie graphique des machines dynamo-électriques est fondée sur l'étude de deux courbes à obtenir expérimentalement.

L'une est la courbe des champs magnétiques obtenus sur une carcasse donnée pour une excitation donnée.

L'autre est la courbe de la résistance *apparente* de l'armature en marche, et qui est variable avec les différents régimes de charge.

Par champ magnétique, on entend la valeur moyenne, en unités C. G. S. du champ magnétique à l'endroit où se trouvent les fils, c'est-à-dire dans cet espace qu'on a nommé l'*entrefer*. Nous préférons cette valeur à celle du champ dans la section moyenne du fer de l'armature. Celle que nous considérons est en effet celle qui s'introduit d'elle-même dans les calculs. La valeur du champ dans l'*entrefer* est en relation intime avec sa valeur dans le *fer*, et l'on peut toujours aisément passer de l'une à l'autre.

Il est possible d'obtenir les valeurs du champ magnétique sur la machine même, en ne faisant que des expériences qu'on peut réaliser sans difficulté dans tous les ateliers. Les seuls instruments de mesure sont le voltmètre et l'ampèremètre, pris sous une forme quelconque, et un compteur de vitesse. Cette condition nous a paru être indispensable dans un travail qui doit avoir une utilité pratique. Nous espérons l'avoir remplie par les méthodes que nous exposerons dans la suite.

Par *résistance* apparente de l'armature en marche, nous entendons la valeur fictive qu'il faut donner à la résistance pour représenter exactement les phénomènes qui se passent à une allure donnée. Sous une autre forme, c'est la résistance qu'il faut supposer à l'armature pour que l'on soit en droit d'appliquer au circuit la loi d'Ohm, et que le produit R I représente les volts absorbés dans l'armature parcourue par un courant I.

Il nous a paru que c'était sous cette forme de *résistance apparente fictive* qu'il était le plus simple de tenir compte des phénomènes accessoires dans l'armature induite.

Il faut remarquer en effet qu'on ne connaît jamais la résistance exacte d'un induit. Elle est variable avec sa température qui dépend elle-même de la charge, de la température extérieure, de la ventilation de l'armature, etc.

Cela étant, il paraît logique de ne plus s'occuper de la valeur statique de cette résistance, et de prendre une autre valeur fictive, qui tienne compte de ces causes d'erreur, et aussi des autres phénomènes tels que : la désorientation et la différence d'intensité du champ de l'inducteur provenant de l'action du champ de l'induit; et les effets de la self-induction sur les spires qui s'échappent des balais et rentrent en circuit.

En prenant ainsi une valeur *fictive* (franchement fausse au point de vue de la valeur théorique du mot résistance) pour cette quantité dont la valeur *vraie* est inconnue et inutile à connaître, on peut représenter par une loi simple les phénomènes tels que l'observation les donne.

Au point de vue pratique, c'est la seule chose qui nous importe, puisqu'elle permet de représenter ce qui se passe, tandis qu'une théorie plus compliquée n'apprendrait rien de plus, et serait probablement insuffisante comme accord avec l'observation.

Nous devons dire un mot ici de la courbe que M. Marcel Deprez a nommée caractéristique, et de celles du Dr Hopkinson.

Les courbes du Dr Hopkinson sont des courbes de *force électromotrice* en fonction du courant. On verra plus loin que ces courbes se déduisent aisément de celle du champ.

La *caractéristique* de M. Marcel Deprez avait été définie par lui à l'origine de telle sorte qu'elle était aussi une courbe de force électromotrice en fonction du courant. Plus tard, il en a modifié le tracé, et indiqué un autre mode de construction (1).

Contrairement au mode de représentation que nous avons adopté, M. Deprez fait porter toutes les corrections dues aux phénomènes accessoires sur la force électromotrice E de la dynamo, et prend pour sa résistance intérieure la valeur mesurée statiquement.

Il en résulte cet inconvénient que les deux valeurs E et R ne représentent ni l'une ni l'autre des quantités physiques bien définies ; l'une étant une somme algébrique de forces électromotrices, l'autre étant comme nous l'avons dit mal définie.

De plus, rien ne prouve que les forces électromotrices secondaires, positives ou négatives, qui viennent s'ajouter à la force électromotrice principale, éprouvent des variations proportionnelles aux vitesses. Ceci n'est vrai que pour la force électromotrice de la machine en circuit trouve ; tandis que M. Deprez applique à ses caractéristiques le principe de proportionnalité dans toute sa rigueur.

Nous croyons donc être plus exacts en faisant porter les corrections sur la résistance intérieure, et en déterminant cette résistance dans les conditions même et à la vitesse même auxquelles la machine est appelée à fonctionner.

(1) *La Lumière Flectrique*, 5 janvier 1884.

Un autre avantage de cette manière de faire est, que la comparaison des valeurs dynamiques de la résistance avec la valeur statique, permettra de se rendre compte de l'intensité de ces actions intérieures, qui correspondent pour la plupart à une quantité d'énergie consommée en pure perte.

Nous n'insisterons pas autrement sur ce point ayant simplement voulu prémunir le lecteur contre toute confusion pouvant résulter de la similitude qui existe entre les formes des diverses courbes représentatives des machines dynamo, malgré les différences dans la conception qui détermine leur tracé.

Nos courbes des champs magnétiques ont pour abscisses les ampères-tours dépensés pour l'excitation, et pour ordonnées les valeurs en unités C. G. S. du champ magnétique dans l'entrefer.

De ce fait, que les abscisses sont les ampères-tours et non les ampères dépensés à l'excitation, on peut en déduire toutes les conséquences qui résultent d'une modification dans le bobinage des inducteurs. On en déduit aussi le tracé des rhéostats régulateurs devant obéir à une loi quelconque définie *a priori*. Toutes ces déductions sont rigoureuses, et ne sont possibles que grâce à la quantité bien définie que nous avons choisie pour ordonnée.

Les champs magnétiques se déduisent aisément de la force électromotrice de la machine à une vitesse donnée. Si l'on exprime cette force électromotrice en volts, la vitesse en mètres par seconde, et les longueurs de fils induits en mètres, on obtient le champ en unités pratiques non dénommées, valant chacune 10^4 unités C. G. S.

Les forces électro-motrices aux différentes allures sont proportionnelles aux champs magnétiques, aux vitesses. — Pour une machine donnée, excitée en dérivation, on en déduit graphiquement la courbe de la force électromotrice en fonction de la vitesse lorsque la machine s'excite elle-même.

La courbe des résistances intérieures apparentes a pour abscisses les courants principaux dans l'armature, et pour ordonnées les résistances correspondantes. Mais le plus souvent ce n'est pas sur cette courbe $R = f(I)$ que seront faites les constructions, mais bien sur sa courbe intégrale.

$$Y = \int R\, d\, I$$

Celle-ci a pour ordonnées les volts absorbés

dans l'armature. On peut déterminer expérimentalement l'une et l'autre de ces courbes. L'une étant donnée, les procédés graphiques permettraient aisément de construire l'autre. Pratiquement, nous préférons déterminer directement

$$Y = \int R\,d\,I$$

dont $R = f(I)$ est la courbe dérivée, toujours facile à construire.

Courbes des champs magnétiques.

Etant donnée une machine, on sépare le circuit inducteur du circuit induit. On excite le circuit inducteur par un courant que l'on peut faire varier à volonté. On met en marche à une vitesse aussi constante que possible, et on mesure la différence de potentiels aux balais, le courant inducteur, et la vitesse.

L'induit n'étant parcouru par aucun courant sauf celui qui traverse le voltmètre et qui doit être négligeable, cette différence de potentiels aux balais est égale à la force électromotrice de la dynamo à l'allure choisie.

L'équation qui permet d'obtenir la valeur du champ moyen est

$$E = H\,L\,V$$

E, force électromotrice ;
H, champ moyen en unités pratiques ;
L, longueur du fil induit ;
V, vitesse du fil induit.

La force électromotrice E se lit au voltmètre. La vitesse V s'obtient en comptant les tours pendant une minute ; si D est le diamètre moyen des fils et N le nombre de tours par minute,

$$V = \frac{\pi\,D\,N}{60}$$

La longueur du fil induit est une donnée de construction de la machine. La formule ci-dessus suppose que le fil coupe les lignes de force normalement, ce qui est le cas le plus général. Si toutefois il en était autrement, il suffirait de projeter la longueur vraie sur la direction perpendiculaire aux lignes de force, c'est-à-dire de multiplier la longueur vraie par le cosinus de l'angle ainsi défini. Les types les plus répandus de machines courants continus sont à enroulement longitudinal sur un anneau ou sur un tambour. La longueur utile n'est, dans tous les cas, que la partie externe et parallèle à l'arbre, du fil induit. Cette longueur utile, quel que soit le nombre de pôles de la machine, est égale au produit du nombre de divisions du collecteur qui sépare deux pôles successifs, par la longueur de la génératrice externe, et par le nombre de génératrices utiles couvertes par le fil partant d'une lame, avant de revenir à la lame suivante.

Ainsi sur un anneau Gramme faisant partie d'une machine à quatre pôles, on compte 80 divisions au collecteur ; la génératrice externe de l'âme de fer a 0,300 m., et un fil partant d'une lame fait 8 tours avant de revenir se souder à la lame voisine, La longueur du fil induit est alors,

$$20 \times 0{,}300 \text{ m.} \times 48 = \text{mètres}$$

Si le nombre de tours est tel qu'on ait une vitesse de 15 mètres à la circonférence moyenne des fils et que le voltmètre indique 180 volts, la formule $E = M\,L\,V$ donne

$$M = \frac{E}{L\,V} = \frac{180}{48 \times 15} = 0{,}29 \text{ unités pratiques}$$

ou

2900 unités C. G. S.

Le même calcul s'applique sans plus de difficulté si le fil induit considéré est enroulé sur un tambour au lieu de l'être sur un anneau.

Dans certaines formes de machines, il est plus commode d'employer la même formule sous une autre forme.

L'induit est généralement formé de fils ou de barres formant un contour élémentaire fermé.

Appelant S la somme des surfaces ainsi formées et comprises entre deux pôles successifs. En passant d'un pôle à un autre, ces surfaces sont traversées par des lignes de force en nombre variable. En face d'un pôle, le champ est $+ H$; la surface étant S, le flux de force est $+ S\,H$. Ce nombre va en diminuant, passe par zéro à égale distance des pôles, puis change de signe. En arrivant en face de l'autre pôle, le flux de force est devenu $- S\,H$. La variation du flux de force est alors $2\,S\,H$, et si on appelle t le temps du passage entre deux

pôles successifs, on a pour la force électromotrice moyenne

$$E = \frac{2\,S\,H}{t}$$

Il est facile de voir que cette formule est identique à la précédente.

Considérons par exemple une armature enroulée sur un tambour. Les deux formules sont applicables avec la même facilité à ce genre d'armature.

Prenons un écheveau isolé, tel que le représente

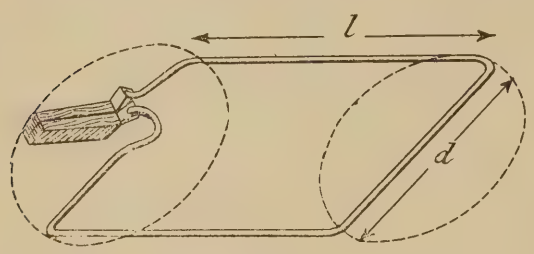


Fig. 1.

la figure 1. Supposons pour plus de simplicité que le fil ne fasse qu'un tour.

La surface de ce tour de fil est évidemment $d\,l$, d et l étant le diamètre et la longueur du cylindre. Si H est le champ moyen dans le plan de cette spire, la force électromotrice moyenne induite pour un demi-tour est

$$E = \frac{2\,S\,H}{t} = \frac{2\,d\,l\,H}{t}$$

Si le fil se déplace à raison de V mètres par seconde, il fera 1 mètre en $\frac{1}{V}$ seconde et il fera un demi-tour, c'est-à-dire un chemin $\frac{\pi\,d}{2}$ en un temps t qui est

$$t = \frac{\pi\,d}{2\,V}$$

D'autre part, en écrivant que le flux de force dans l'entrefer $\frac{\pi\,d}{2}\,l\,M$ se conserve dans le plan de la spire, où il est $d\,l\,H$, on a

$$\pi\,d\,l\,M = 2\,d\,l\,H$$

$$\pi\,M = 2\,H$$

Et finalement

$$E = \frac{2\,d\,l\,H}{t} = \frac{d\,l\,\pi\,M}{\pi\,E}\,2\,V = 2\,M\,l\,V$$

Or $2\,l$ est bien la longueur L du fil utilement induit, et l'on retrouve ainsi la formule

$$E = M\,L\,V.$$

On emploiera donc indifféremment l'une ou l'autre de ces formules, selon le type de machine auquel on aura à faire.

Dans les machines à anneau, chaque tour de fil ne couvre qu'une génératrice utile ; dans les machines à tambour, il en couvre deux. Il y aura lieu de se rappeler ce fait afin de ne pas commettre d'erreur dans l'évaluation de la longueur du fil induit.

Nous avons vu que pour déterminer les forces électromotrices correspondant à différentes excitations, il fallait opérer à une vitesse constante. Cette condition n'est pas absolument nécessaire, puisque la formule $E = M\,L\,V$ indique que la force électromotrice est proportionnelle à la vitesse, à L et M constants.

Mais il faut que la vitesse soit constante pendant toute la durée des lectures aux instruments. C'est pourquoi il est nécessaire de la maintenir aussi constante que possible. La meilleure manière d'opérer consiste à employer deux observateurs : l'un compte les tours pendant une minute ; pendant ce temps, l'autre observateur fait des lectures aux deux instruments, alternativement sur chacun d'eux. — Si ces lectures diffèrent, il en prend la moyenne, et la compare à la vitesse moyenne, indiquée par le compte-tours.

La proportionnalité des forces électromotrices aux vitesses est d'ailleurs rigoureuse. Le tableau ci-dessous a été relevé sur une machine Edison française. Les écarts entre le calcul et l'observation sont de l'ordre des erreurs de lecture.

PROPORTIONNALITÉ DES FORCES ÉLECTROMOTRICES AUX VITESSES

Machine Edison française de 110 volts 150 ampères

Vitesse en tours par minute	Force électromotrice observée	Force électromotrice calculée	Différences
270	36	35 6	+ 0 4
370	48	48 7	— 0 7
440	58	57 7	+ 0 3

520	68	68	0
550	73	72 4	+ 0 6
630	83	83	0
690	91	91	0
740	98	97 5	+ 0 5
800	105	105 5	— 0 5
850	113	111 8	+ 1 2
910	120	120	0
980	128	129 2	— 1 9
1010	133	132 9	+ 0 1
1076	141	141 4	— 0 4
1152	150	151 6	— 1 6

Champ magnétique..... 3542 C. G. S.
Longueur de fil induit..... 28,65 mètres.

Lorsqu'on expérimente pour tracer la courbe des champs magnétiques, il est essentiel d'opérer méthodiquement. On partira, par exemple, de l'excitation la plus faible qu'on puisse réaliser, et on l'augmentera après chaque lecture. On obtiendra ainsi une série de valeurs.

Si, à partir de ce point, on recommence en sens inverse, en diminuant successivement l'excitation, on obtiendra une autre série de valeurs. On remarquera que ces dernières ne coïncident pas avec les premières ; elles sont toujours légèrement supérieures. Il y a donc deux valeurs du champ, et, par suite, deux valeurs de la force électromotrice d'une machine pour une valeur donnée de l'excitation. Si celle-ci vient de décroître, le champsera un peu plus intense que si elle venait de décroître.

Il parait donc y avoir une certaine inertie magnétique du fer, du moins tel qu'on l'emploie pour les machines. Mais les différences ainsi obtenues sont faibles, et ne sont pas de nature a modifier les résultats pratiques. — Nous opérons toujours avec des excitations croissantes.

Sous ces réserves, une machine magnéto-électrique, n'a qu'une valeur de champ magnétique.

Pour les machines dynamo-électriques, quel que soit leur mode d'excitation, la courbe a une allure bien connue, tout-à-fait identique à celle du moment magnétique d'un barreau soumis à divers degrés de magnétisation. La parenté de ces deux phénomènes est évidente, et se manifeste nécessairement par une marche parallèle des deux courbes figuratives.

La figure 2 donne une de ces courbes.

Elle ne passe pas par l'origine, car il existe dans toutes les machines un certain magnétisme rémanent. Partant donc d'un point Â, elle s'élève d'abord en ligne droite. Vers le point B vient une région à forte courbure, au delà de laquelle la courbure diminue de nouveau. La valeur du champ magnétique paraît tendre vers une limite ; mais aussi loin que l'on peut pousser l'excitation, on observe une augmentation de magnétisme. — Celui-ci augmente donc toujours en même temps que l'excitation.

Quelques expériences paraissent démontrer qu'à la naissance de la courbe, il existerait une faible courbure convexe vers l'axe des X, et tout à fait analogue à celle qu'on observe dans la représentation graphique des valeurs du magnétisme induit. — Mais cette région de la courbe

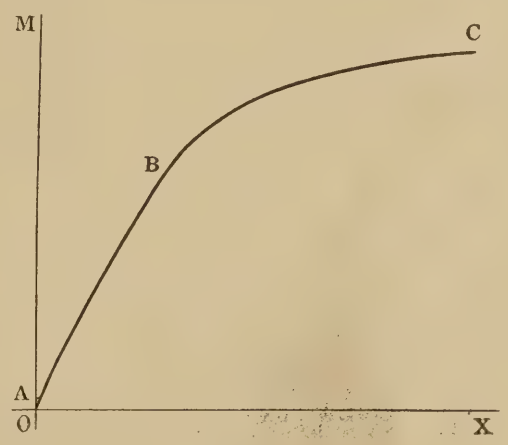


Fig. 2.

des champs est dépourvue d'intérêt pratique ; et il sera toujours sans inconvénient de considérer cette région comme rectiligne.

Pour quelques types de machines dans lesquels les les inducteurs sont en fonte, la forme de la courbe diffère un peu de la précédente ; le magnétisme rémanent est beaucoup plus élevé, et la courbure en B bien moins accentuée. Nous donnons plus loin la figure exacte d'une de ces courbes.

Dans sa théorie algébrique des machines dynamo, théorie qui a eu un grand retentissement, M. Frœlich a cherché une fonction qui fut capable de représenter le champ magnétique.

Pour se prêter au calcul dans des conditions suffisemment pratiques, cette fonction devait être algébrique, et du degré le moins élevé possible. Aussi M. Frœlich s'est arrêté à une équation de forme

$$M = \frac{aI}{b + cI}$$

dans laquelle I est le courant excitateur. D'autres formes d'équations, particulièrement une exponentielle représenteraient sans doute plus exactement les faits observés ; mais ces formes se prêtent mal au calcul.

L'équation ci-dessus est évidemment celle d'une hyperbole passant par l'origine, et dont les asymptotes sont parallèles aux axes. L'asymptote horizontale représenterait la limite vers laquelle tend le champ magnétique à mesure qu'on augmente l'excitation.

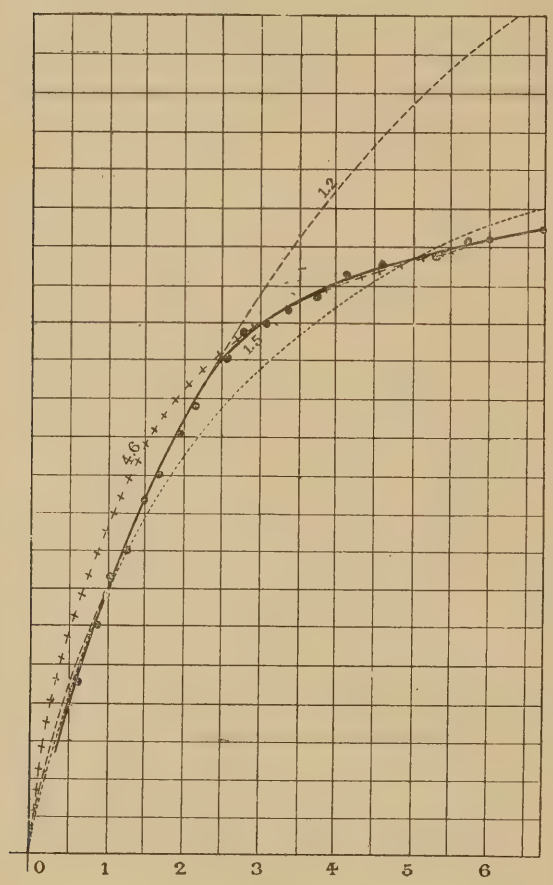


Fig. 2 *bis*.

Abscisses : 1 division = 0,5 ampère.
Ordonnées : 1 — = 250 unités C. G. S. de champ.

Pour déterminer l'hyperbole, il suffit de mesurer sur la machine deux groupes de valeurs de M et de I, c'est-à-dire deux points de la courbe réelle.

Mais les deux courbes ne se superposent pas exactement, à beaucoup près ; et à très peu de distance des points d'intersection les écarts sont déjà considérables. On ne pourrait compter sur quelque approximation qu'en prenant deux points rapprochés et en ne considérant que leur intervalle ; mais al rs une courbe osculatrice quelconque aurait la même valeur au point de vue pratique.

La figure 2 *bis* montre une courbe réelle et en pointillé une série d'hyperboles Frœlich.

Les écarts sont évidents, et la suite des constructions fera encore mieux ressortir combien une telle approximation est insuffisante.

Nous devons ajouter que pour les machines à inducteurs de fonte, on peut faire coïncider beaucoup mieux une branche d'hyperbole avec la courbe réelle ; mais il faudrait encore changer la forme de la formule de Frœlich.

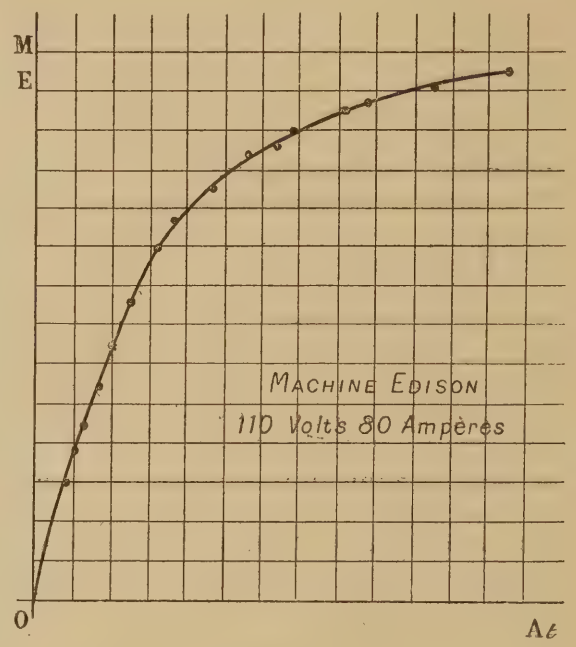


Fig. 3.

Ordonnées : 1 division = 10 volts à 1000 tours
— — = 306 unités C. G. S. de champ.
Abscisses : — = 2500 ampères-tours.

La figure 3 se rapporte à une machine Edison française de 110 volts et 80 ampères, inducteurs en fer forgé.

La figure 4 est celle d'une machine Gramme, dite type supérieur, de 120 volts et 40 ampères, inducteurs en fonte creuse faisant corps avec les pièces polaires.

La figure 4 *bis* est celle d'une machine Phœnix de 110 volts et 70 ampères, à inducteurs en fonte pleine.

Courbes des forces électromotrices.

La courbe des champs magnétiques $M = f(At)$ dans laquelle At représente un nombre donné d'ampère-tours N I, étant obtenue on voit que cette courbe a ses ordonnées proportionnelles à

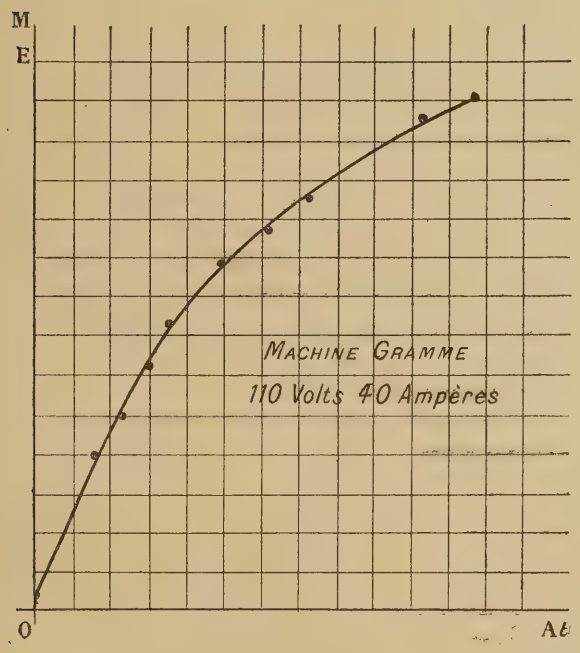


Fig. 4.

Ordonnées : 1 division = 10 volts à 1400 tours.
— — = 150 unités C.G.S. de champ.
Abscisses : — = 2500 ampères-tours.

celles des forces électromotrices $E = f(N I)$. Pour des vitesses variables, ces forces électromotrices étant proportionnelles aux vitesses, du tracé de l'une d'elles on peut déduire le tracé des autres par modification de l'échelle des ordonnées. La manière la plus rapide d'exécuter ce tracé est la suivante :

Soit O — 12 la courbe tracée pour 1200 tours à la minute (fig. 5). On trace vers l'extrémité de la courbe la droite O′ O″. On prend sur O — N I un pôle Z choisi à volonté, mais assez éloigné pour que les droites les plus hautes ne soient pas trop inclinées, et coupent O′ O″ et ses parallèles en un point nettement déterminé. Supposons que l'on veuille obtenir les courbes pour des vitesses de 300, 600 et 900 tours. On divise O′ — 12 en quatre parties égales par les points 3 — 6 — 7. On joint ces points à Z.

Soit alors O_1 E_1 une ordonnée quelconque, on

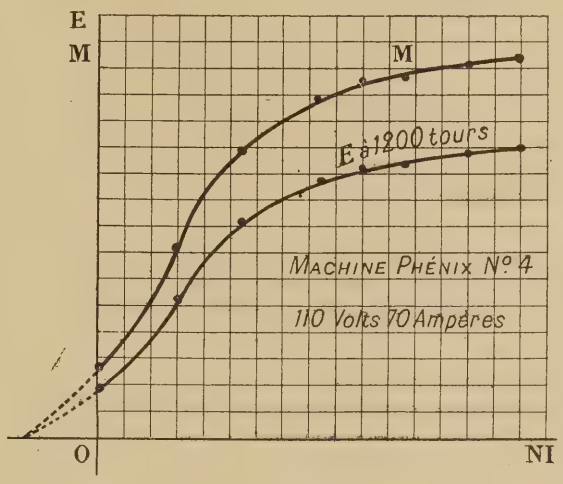


Fig. 4 *bis*.

Ordonnées : 1 division = 10 volts.
— — = 100 unités C.G.S. de champ.
Abscisses : — = 500 ampères-tours.

trace E_1 E_2 parallèle à O — N I et on abaisse E_2 Z_2. Celle-ci coupe le faisceau en trois autres points qu'il suffit de reporter parallèlement à E_1 E_2 sur l'ordonnée O_1 E_1 et on obtient ainsi le point cor-

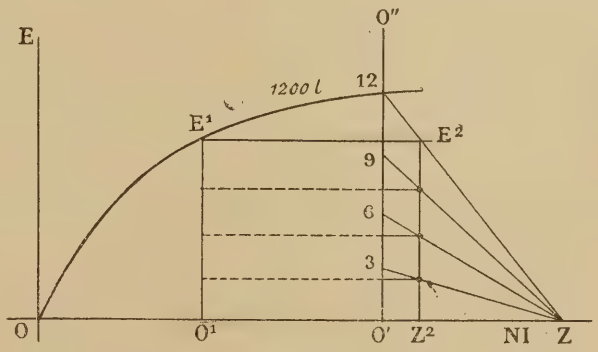


Fig. 5.

respondant à cette ordonnée pour chacune des courbes. On peut ainsi tracer rapidement et exactement ces courbes.

Il serait facile d'avoir aussi la tangente en chaque point, puisque ces quatre tangentes se coupen eu un même point sur la partie négative de l'axe

O — N I. Généralement cela ne sera pas nécessaire.

On aura ainsi une épure analogue à celle de la figure 9, épure qu'il est nécessaire de tracer pour toutes les machines que l'on voudra étudier un peu complètement.

Courbe des résistances intérieures apparentes.

Deux méthodes permettent d'obtenir divers points de ces courbes ; nous les exposerons successivement.

1re *Méthode.* — La machine en expérience étant portée à une vitesse V_o voisine de celle du régime, on mesure sa force électromotrice à circuit ouvert ; soit E_o. Elle se confond avec la différence de potentiels aux balais ε.

On ferme ensuite le circuit sur une résistance connue approximativement, et on accélère la vitesse jusqu'à ce qu'on retrouve la même différence de potentiels ε aux balais.

Soit V′ la nouvelle vitesse. On mesure I en même temps, et on a les équations suivantes :

$$E_o = \varepsilon$$

$$E' = \varepsilon' + R\,I$$

Mais

$$\frac{E'}{E} = \frac{V'}{V_o}$$

et

$$\varepsilon = \varepsilon'$$

D'où finalement

$$R\,I = E_o \frac{V' - V_o}{V_o}$$

et

$$R = \frac{E_o}{I}\,\frac{V' - V_o}{V_o}$$

Si la machine est magnéto, ou même dynamo excitée en dérivation, on peut opérer sur la machine même. — Si elle est dynamo excitée en série, il faut de toute nécessité l'exciter par une source auxiliaire maintenue bien constante.

En répétant l'opération pour plusieurs valeurs de la résistance, on a un groupe de valeurs de R et de I. A l'aide de ces valeurs, on trace la courbe telle qu'elle a été définie plus haut.

Cette méthode présente plusieurs difficultés pratiques.

La principale est qu'il est généralement difficile dans un atelier de varier à volonté la vitesse d'une machine, et de l'amener à une valeur donnée à l'avance. Nous indiquerons plus loin les meilleures conditions à remplir pour obtenir la plus grande facilité à cet égard.

Une autre cause d'erreur est que la résistance est proportionnelle à la différence $V' - V_o$ des vitesses. Il en résulte qu'une erreur de quelques tours, qui serait négligeable devant chacun des deux nombres V_o et V′ devient très importante par rapport à leur différence.

2e *Méthode.* — On opére à vitesse constante et avec excitation séparée, maintenue également bien constante. On ferme le circuit sur des résistances connues que l'on fait croître successivement. On mesure chaque fois le courant I, la différence de potentiels ε et aussi la vitesse V pour s'assurer de sa constance. A la fin des expériences on mesure la force électromotrice en circuit ouvert E.

On a alors

$$E - \varepsilon = R\,I$$

$$R = \frac{E - \varepsilon}{I}$$

On obtient ainsi divers points de la courbe.

Ces expériences doivent se faire à la vitesse de régime, ou a une vitesse très voisine si l'on veut avoir quelque précision.

Ainsi qu'on le voit par les figures 6 et 7, qui figurent les volts absorbés dans l'armature, pour les machines Édison française et Gramme déjà citées, la résistance dynamique paraît être sensiblement constante. Mais sa valeur diffère beaucoup de celle de la résistance statique.

Pour la machine Édison, dont l'armature est à tambour, le rapport de la valeur dynamique à la valeur statique est d'environ 1,75 à 1.

Pour la machine Gramme, au contraire, ce rapport atteint presque 10 à 1.

Cela tient évidemment à ce que le champ créé par un anneau est supérieur à celui que crée un tambour ; et aussi sans doute à ce que la valeur du coëfficient de self-induction y est plus élevée.

PRÉCAUTIONS A PRENDRE DANS LES EXFÉRIENCES.

Pour obtenir de bons résultats, il est nécessaire d'observer diverses précautions de détail qui concourrent beaucoup à leur exactitude.

Il faut d'abord que le moteur principal auquel on emprunte la force soit bien régulier comme allure, quelle que soit la charge. Ce sera souvent là le point le plus difficile à obtenir si le régulateur de vitesse de ce moteur n'est pas absolument convenable, ainsi que c'est le cas général. On pourra souvent améliorer beaucoup ce régulateur en supprimant les contrepoids et en les remplaçant par des ressorts. Ceux-ci doivent avoir une tension

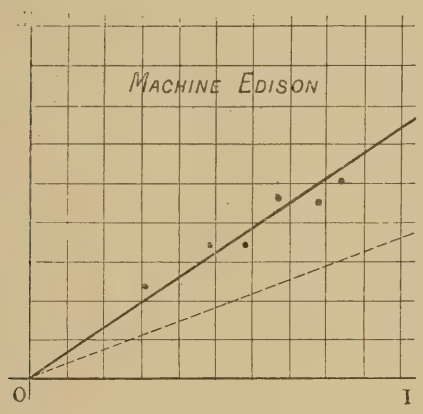


Fig. 6.

Ordonnées : 1 division = 1 volt.
Abscisses : — = 10 ampères.

initiale qui ne permette aucun deplacement des organes de réglage tant que la vitesse n'a pas atteint celle du régime à 2 o/o près. A partir de ce moment le régulateur doit forcer le ressort, et avoir fait toute sa course quand la vitesse a dépassé le régime de 2 o/o. — Le calcul de ces modifications n'entre pas dans le cadre de cette étude; mais il n'offre aucune difficulté spéciale.

Une autre condition à remplir est la parfaite régularité de la courroie de commande de la dynamo. Elle doit marcher bien droit et ne présenter aucune surépaisseur. Les diamètres des poulies des dynamo étant généralement faibles, toute surépaisseur de la courroie produit par son passage une accélération de la vitesse. Le trouble qui en résulte peut parfois rendre toute lecture impossible si les instruments de mesure ne sont pas fortement apériodiques. Nous avons obtenus les meilleurs résultats avec des courroies en coton dont le joint est fait à bords relevés vers l'extérieur

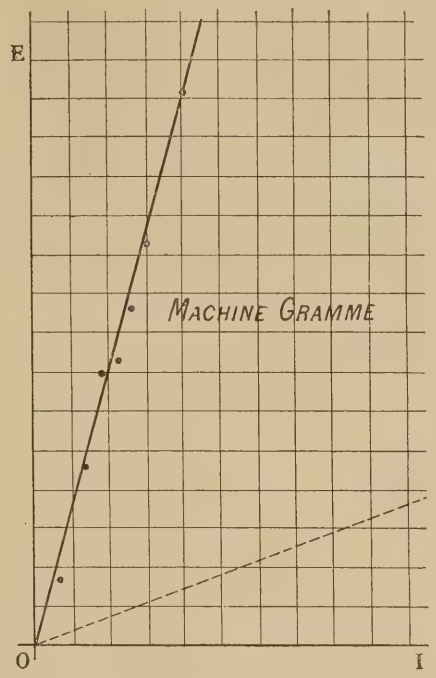
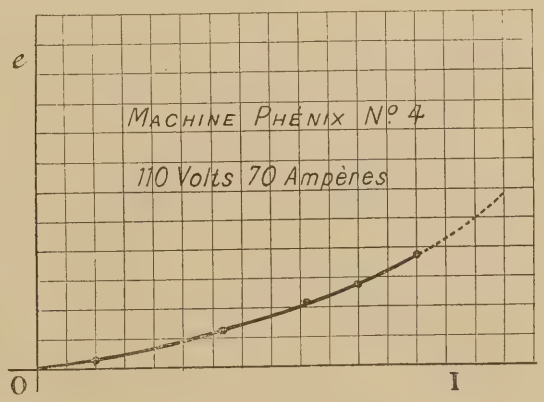


Fig. 7.

Ordonnées : 1 division = 2 volts
Abscisses : — = 10 ampères.

et serrés à boulons entre deux plates bandes de fer. Ce joint, très saillant vers l'extérieur passe



Fih. 7 *bis*.

Ordonnées : 1 division = 10 volts.
Abscisses : — = 5 ampères.

sur les poulies sans produire aucune variation dans la vitesse.

Enfin pour les expériences qui exigent des vitesses variables, on pourra opérer avec grand avantage de la manière suivante toutes les fois qu'on disposera du matériel suffisant.

Une dynamo tournera à vitesse constante. Employée comme génératrice, elle actionnera une réceptrice, qui elle même commandera la machine en expérience. En intercalant un rhéostat dans le circuit de jonction des deux premières machines, et particulièrement en agissant sur les courants excitateurs si les machines sont en dérivation, on obtiendra très facilement des variations importantes dans la vitesse qu'il sera facile d'amener à une valeur fixée à l'avance.

Instruments de mesure.

On peut employer n'importe quel instrument de mesure, pourvu qu'il satisfasse aux deux conditions d'être suffisamment sensible et apériodique. On peut employer des galvanomètres à pivot munis d'un miroir. On peut aussi se servir d'un galvanomètre d'Arsonval convenablement établi. On trouvera généralement que cet instrument est le plus commode, pourvu qu'on emploie une échelle transparente. A titre d'exemple nous donnons ci-joint (fig. 8) le diagramme du montage de cet instrument pour mesurer successivement les volts et les ampères du circuit principal. La dynamo est figurée par son collecteur et ses balais seulement en A. R est un rhéocorde formé d'un fil de maillechort ou de cuivre de grosseur convenable sur lequel glisse un curseur B qui met en court-circuit le fil placé derrière lui. R_1 est une boite étalonnée, C une clef à trois directions et G le galvanomètre.

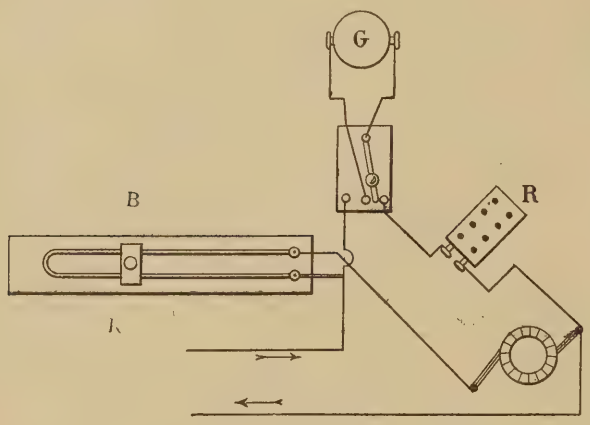


Fig. 8.

En réglant convenablement R et R_1, on obtient aisément que 1 millimètre de l'échelle vaille exactement 1 volt d'une part et 0,1 d'ampère par exemple d'autre part. — Les lectures se font en mettant la clef à droite ou à gauché. — En la mettant au milieu, on ramène le galvanomètre au zéro en le fermant sur lui-même.

Pour la mesure des volts, il arrivera très souvent que la résistance R dépassera beaucoup la valeur qui rend le galvanomètre apériodique. On y remédiera aisément en se procurant un cadre bobine sur une carcasse de cuivre mince, ou encore contenant un second fil formant quelques tours, et fermé sur lui-même. il sera alors apériodique dans tous les cas.

Dans la figure, le fil qui joint la machine au rhéocorde est supposé assez gros pour que sa résistance soit négligeable.

On adoptera, du reste, le dispositif que l'on reconnaîtra le plus avantageux avec les instruments dont on dispose.

R.-V. Picou

(A suivre)

ÉTUDE SUR L'ORIGINE DE

L'ÉLECTRICITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

ET SUR LES GRANDS

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES DE L'ATMOSPHÈRE

Ayant poursuivi systématiquement pendant plusieurs années des recherches expérimentales, dans le but de découvrir les origines de l'électricité de l'atmosphère, je suis arrivé, par l'application de méthodes rigoureuses, à des résultats nettement définis.

En apportant la même rigueur scientifique à l'analyse des phénomènes généraux de notre atmosphère, j'ai acquis la conviction que l'électricité y jouait un rôle plus important et plus grandiose qu'on ne l'avait supposé, et j'ai été amené à réunir dans un même ensemble tous les troubles de notre atmosphère, et à donner de ces troubles une explication commune, remarquable par sa simplicité.

La présente étude comprend une partie expérimentale, et une partie théorique. Je n'ai pas voulu écrire un traité de météorologie électrique, aussi me suis-je dispensé de rappeler les travaux auxquels les questions que je traiterai ont donné lieu, et surtout, me suis-je abstenu de discuter ces travaux.

Pour le même motif, il m'a paru bon de m'en tenir aux raisonnements les plus simples et de ne pas faire intervenir le calcul.

J'ai réduit mon Étude à deux chapitres ;

Le premier contient la description des instruments de mesure dont je me suis servi, et le résumé de mes expériences ;

Le second est consacré à la discussion des origines de l'électricité de l'atmosphère, et à l'analyse générale des grands phénomènes électriques de l'atmosphère.

CHAPITRE I

A. — Instruments de mesure

Lorsqu'on étudie une source d'électricité dans laquelle les quantités d'électricité dégagées sont très petites, on a l'habitude de mettre cette source en relation, pendant un certain temps, soit avec les deux armatures d'un condensateur, soit avec l'une seulement des armatures d'un condensateur pendant que l'autre armature communique avec la terre, et d'estimer les charges d'électricité produites à la source d'après le temps de charge du condensateur et les potentiels qui ont été communiqués à ses armatures.

Lorsque les quantités d'électricité dégagées à la source sont excessivement petites, de grandes difficultés pratiques se présentent. Le condensateur et l'appareil de mesure doivent d'abord n'avoir que de petites capacités électrostatiques. Malgré cela, il peut encore se faire que la décharge du condensateur ne donne qu'une différence de potentiel excessivement petite. Il est alors nécessaire que l'instrument de mesure possède non seulement une petite capacité electrostatique, mais encore une sensibilité extrême.

Ce dernier cas s'est réalisé dans la plupart des expériences que j'avais à faire, et comme il n'existait pas d'instrument répondant aux conditions voulues, j'ai dû en créer un. La construction d'un pareil instrument ne saurait être exempte de tâtonnements, c'est pourquoi j'ai construit, non pas un, mais deux galvanométres.

Il m'a été impossible de réduire autant que je l'aurais voulu la capacité électrostatique de mes instruments ; j'ai dû suppléer à ce défaut par une puissance inusitée du champ magnétique.

Mes deux galvanomètres ont été construits en partie sous ma surveillance, en partie par moi-même. Ils possèdent un équipage mobile suspendu entre deux fils de platine verticaux et très fins, par lesquels entre et sort le courant, ainsi que cela se pratique dans plusieurs appareils similaires.

Le premier en date de ces instruments a des rapports avec le galvanomètre de M. Marcel Deprez. Cependant je ne me suis pes inspiré de cet appareil, car je n'en ai connu la disposition qu'après avoir terminé le mien. Ce galvanomètre comporte un cadre cylindrique ; sur un tube de papier, trempé dans le verni pour lui donner de la rigidité, tube ayant 80 millimètres de long et 30 millimètres de diamètre extérieur, est enroulé, en une seule couche, un fil de cuivre de 1/20 de millimètre de diamètre, isolé de soie. Les spires menées parallèlement aux directrices du cylindre, sans se toucher, passent diamétralement sur les bases du cylindre en chevauchant les une sur les autres. A la partie inférieure du cadre, lequel est vertical, les spires sont un peu déviées de manière à laisser un jour dans l'axe du tube. A chaque bout du cadre est un petit étrier en papier bristol verni, auquel s'attache le fil de suspension correspondant ; l'étrier inférieur, plus long que l'autre, porte un petit miroir en platine destiné à réfléchir un rayon lumineux sur une échelle placée à distance. Ce cadre, y compris les étriers et le miroir pèse 1 gramme 47 milligrammes. Le fil de suspension inférieur s'accroche à un ressort dont la tension peut être réglée par une vis. Les fils de suspension ont 1/30 de millimètre de diamètre, et la distance du point de suspension au ressort est de 85 centimètres.

Le champ magnétique est créé par 40 aimants laminaires Jamin, longs de 90 centimètres, larges de 8 centimètres et épais de 1,5 millimètre. Ces aimants sont répartis en deux faisceaux opposés de 20 lames chacun et qu'accouplent des pièces polaires communes. L'ensemble a la forme d'un 8 et repose horizontalement sur une tablette de chêne. En alésant dans les pièces polaires le

logement du cadre, on a eu soin de réserver autour du cadre un jour de 0,3 millimètre.

Pour tendre le champ magnétique, j'ai placé à l'intérieur du cadre un tube d'ivoire rempli de limaille de fer porphyrisée; ce tube repose par un petit pédoncule sur une barre de laiton qui traverse l'étrier inférieur en laissant au cadre la liberté d'osciller de 60 degrés de part et d'autre du zéro.

Dans sa forme primitive, cet instrument n'avait pas de noyau à l'intérieur du cadre; son cadre ayant un mandrin en ébonite était plus lourd et les fils de suspension avaient avaient un diamètre de 1/20 de millimètre.

Le deuxième galvanomètre a été terminé en février 1886. Il est moins encombrant et plus sensible que le précédent. Toutes mes expériences ayant été reprises avec cet instrument, je ne mentionnerai que les résultats qu'il m'a donnés.

Dans ce galvanomètre (fig. 1 et 2), le cadre a la forme d'un anneau Gramme plat. J'ai découpé, dans une feuille de mica parfaitement plane et n'ayant pas tout à fait 0,3 m.m. d'epaisseur, une pièce ayant la forme d'une roue à quatre rayons légers et dont la couronne est allégée par de nombreux trous. La couronne de cette roue porte un enroulement formé d'une seule couche de fil de cuivre de 1/20 de millimètre de diamètre, isolé de soie; les deux moitiés de cet anneau, au lieu d'être couplées en quantité comme dans les dynamos, sont jointes en série.

Dans le trou d'axe de la rondelle de mica est collé perpendiculairement au plan de l'anneau, un petit tuyau de plume saillant au-dessus dn cadre de 10 millimètres et au-dessous de 50 millimètres. Après avoir fait passer dans le tuyau de plume les deux bouts du fil du cadre, l'un de ces bouts émergeant en haut, l'autre en bas, on a coulé une goutte de paraffine à chaque bout du tuyau de plume, en ayant soin de maintenir le fil de cuivre dans l'axe du tuyau.

Les fils de suspension ont été reliés directement aux extrémités du fil du cadre, au ras du tuyau de plume, de la manière suivante: on a fait pénétrer dans le trou d'un miniscule manchon en argent, les bouts des deux fils et, au moyen d'une pince formant matrice, on a vigoureusement comprimé le manchon de façon à lui faire épouser le contour des fils. C'est par un procédé semblable qu'on a fixé aux bouts des fils de suspension les petites pièces d'argent par lesquelles ces fils adhèrent à l'appareil de suspension et au ressort qui lui-même est en argent.

A la base du tuyau de plume est collé le petit miroir de platine. Les fils de suspension, de 1/50 de millimètre de diamètre ont, le supérieur 39 centimètres de long, l'inférieur 35 centimètres.

Les dimensions du cadre sont: diamètre extérieur 80 millimètres, diamètre intérieur 40 millimètres, épaisseur 1/2 millimètre; et son poids, miroir compris, 805 milligrammes.

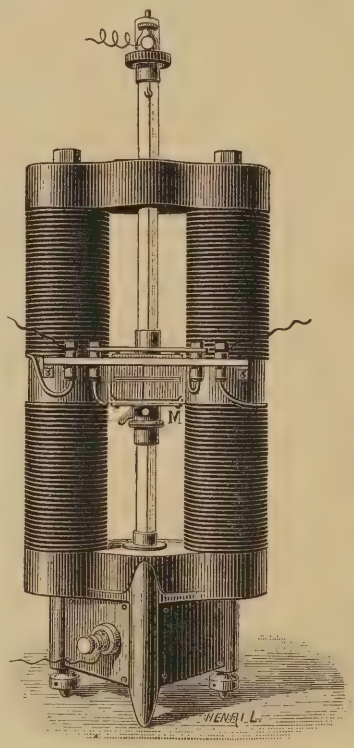


Fig. 1.

Galvanomètre

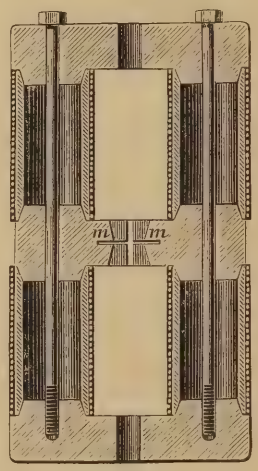


Fig. 2.

Coupe de l'électro-aimant

Le champ magnétique est créé par un fort électro-aimant à pôles conséquents, représenté en coupe figure 2. Les noyaux, en fer doux sont tubulaires; ils ont 20 centimètres de longueur, 10 centimètres de diamètre et 10 millimètres d'épaisseur de paroi, et sont recouverts d'une couche de soie de 1 millimètre d'épaisseur. L'enroulement consiste en une couche de fil de cuivre de 4 millimètres de diamètre isolé de soie.

Les pièces polaires sont en fer doux, les culasses en fonte douce. On voit en *m m* les rainures dans lesquelles le cadre oscille avec un jeu de 1/2 millimètre de part et d'autre.

L'appareil de suspension aussi bien que le ressort avec son support coudé, sont portés par deux tubes de verre solidement assujettis aux pièces polaires; des vitres ferment les jours des pièces polaires et, d'autre part, la culasse inférieure porte trois patins venus de fonte avec elle, qui sont munis de vis calantes et qui servent d'arêtes à une caisse triangulaire de bois. De sorte que toutes les parties délicates de l'instrument sont abritées.

Les pertes d'électricité ont été évitées avec le plus grand soin en faisant reposer l'appareil de suspension sur un disque d'ébonite et le ressort sur une traverse d'ébonite. Du côté de l'électro-aimant, on a fortement imprégné les soies de vernis à la gomme-laque et placé les bornes sur une traverse d'ébonite détachée de l'appareil.

On distingue en M le miroir et la fenêtre percée dans la douille de laiton qui porte le tube de verre inférieur; une bague ajustée à frottement sur cette douille et percée d'une fenêtre semblable, permet : fermer l'instrument ou de démasquer le miroir.

Les dimensions de l'électro-aimant sembleront peut-être exagérées. Il crée un champ magnétique très intense et très dense, car, en le munissant d'une armature, j'ai pu, sous la seule action d'un élément de pile-bouteille au bichromate de potasse, grand modèle, lui faire porter une charge de 188 kilogrammes. J'ai trouvé, par expérience, que cette densité magnétique est nécessaire pour atteindre le maximum de sensibilité.

De même, le cadre paraîtra grand, car on a l'habitude, pour obtenir l'apériodicité, de donner à l'équipage mobile de petites dimensions et surtout un faible moment d'inertie.

Si l'on diminue seulement de 2 centimètres le diamètre extérienr du cadre, la quantité de fil enroulée étant la même, la sensibilité est diminuée dans une très grande proportion. Voici comment l'appareil se comporte avec le cadre de 80 millimètres de diamètre : si l'on ferme simplement le circuit du galvanomètre sur le condensateur, la période d'oscillation est longue: mais si, aussitôt le condensateur déchargé, on ferme le galvanomètre sur lui-même, il est rigoureusement apériodique tant que l'écart ne dépasse pas 20 degrés, et pratiquement apériodique jusqu'à 60 degrés, la période oscillatoire ne dépassant guère une seconde et demie pour un écart de 60 degrés. L'amortissement est alors produit par des réactions internes qu'il est assez difficile de déterminer exactement et qui paraissent n'avoir d'autre origine que : 1° les oscillations du courant dans le cadre, lorsque le circuit galvanométrique est fermé; 2° le courant induit dans le cadre, lorsqu'il revient sur lui-même; 3° les courants de Foucault.

Pour rendre cet instrument apériodique, il suffit donc d'interposer entre le condensateur et lui une clef à doubles contacts permettant d'abord de le fermer sur le le condensateur, et, en second lieu, de le fermer sur lui-même en l'isolant complètement du condensateur. Il est inutile que je décrive cette clef. Je me bornerai à dire qu'elle ne contient aucune pièce métallique massive et que les contacts sont à mercure.

Le condensateur attaché à mon galvanomètre a une capacité électrostatique légèrement inférieure à celle du cadre, laquelle est, d'ailleurs, bien difficile à mesurer. Du reste, l'exactitude de cette détermination était secondaire, car mon galvanomètre n'a eu, en réalité, à remplir que le rôle de galvanoscope.

Pour donner une idée de la sensibilité de cet instrument, il me suffira de citer les résultats de son tarage, comparativement à un électromètre de Lippman, sensible à 1/10 000 de volt. Une force électromotrice de 0,0210 volt lui imprime une déflexion de 60 degrés. Ce chiffre 0,0210 volt a été obtenu par interpolation sur un ensemble de 16 expériences. Je ne pense pas que l'erreur dépasse 1/1000 de volt. Si l'on plaçait l'échelle à 4 mètres du miroir, un angle de 60 degrés interceptant un arc de cercle long d'environ 4,50 m., 1 millimètre de l'échelle correspondrait à peu près à 1/4500 de 0,02 volt, c'est-à-dire à 1/225 000 de volt; de sorte que le millionième de volt serait appréciable.

On peut avoir soit à réduire l'écart du galvanomètre, soit à comparer simultanément deux sources d'électricité par la mérhode du condensateur. Ces deux opérations peuvent être effectuées à l'aide de deux condensateurs qu'on décharge simultanément en opposition à travers le galvanomètre.

Dans le premier cas, le deuxième condensateur remplit l'office de réducteur, et si sa capacité est 1/2, 2/3..... de celle du condensateur attaché au galvanomètre, l'écart devient 1/2, 1/3..... de sa valeur primitive. Dans le second cas, on pourrait, avec des condensateurs de capacités diverses,

ramener le galvanomètre au zéro, ou, si l'on voulait simplement mesurer la différence des charges par l'écart galvanométrique, se servir de deux condensateurs identiques. La clef doit naturellement être modifiée en conséquence.

Pendant mes expériences, j'ai employé, pour actionner l'électro-aimant de mon galvanomètre, un seul élément de pile Grenet, grand modèle, dont la bouteille avait été remplacée par une éprouvette, afin de réduire la dépense du liquide excitateur, celui-ci n'étant employé que pendant quelques minutes.

La distance de l'échelle au miroir était celle pour laquelle 1 millimètre de l'échelle correspondait à environ 1/100 000 de volt, soit 1,78 m.

B. — Expériences

La première question que je traiterai forme en soi un sujet distinct. *La condensation de la vapeur d'eau dégage-t-elle de l'électricité?*

Depuis Volta, cette question est pendante, et, bien qu'elle intéresse autant la physique générale que la météorologie, elle n'a pas été résolue.

En projetant des gouttes d'eau sur de la glace, Faraday trouva que la glace était électrisée positivement et l'eau négativement. Avec un solide autre que la glace, les phénomènes sont inverses et c'est l'eau qui est positive. Les expériences qu'on a faites à ce sujet sont assez nombreuses, à ne citer que celles de Quincke, Elster, Sohnke, pour qu'il ne puisse exister aucun doute.

En 1823, Cumming (*Cambridge Transactions*) découvrit l'inversion thermo-électrique; il trouva que, selon la température, les relations thermo-électriques de certains métaux étaient renversées, de sorte que, ponr certaines températures, ces métaux seraient neutres les uns par rapport aux autres.

Dans un circuit unimétallique, pour qu'il se produisît un courant thermo-électrique, il faudrait pouvoir supprimer la conductibilité thermique de façon que le courant allât dans un seul sens des points chauds aux points froids, ou inversement. En supposant cette condition réalisée, pour renverser les relations thermo-électriques et le courant, il suffirait de renverser l'ordre thermique des parties du circuit.

Bien que l'inversion thermo-électrique n'ait guère été étudiée sur les liquides, le fait que, par contact ou par frottement, l'eau est négative par rapport à la glace, c'est-à-dire que l'eau et la glace se comportent comme les deux parties à températures inégales d'un circuit unimétallique, me donna à penser que si, dans une masse d'eau, on abaissait la température de certaines molécules, en supposant que la conductibilité thermique fût supprimée, ces molécules prendraient un potentiel positif par rapport à la masse, tandis que si, la conductibilité thermique étant encore enrayée, on élevaît la température de ces mêmes molécules, ce serait, au contraire, la masse d'eau qui deviendrait positive par rapport aux molécules chaudes.

Or, lorsqu'on vaporise de l'eau, les particules vaporisées ont évidemment emmagasiné plus de chaleur que les particules qui restent à l'état liquide ; de plus, si les particules vaporisées se dégagent assez rapidement de la masse liquide, la conductibilité thermique est supprimée. Lorsqu'un nuage se condense en gouttes de pluie, la chute de ces gouttes entraverait la conductibilité thermique, si leur isolation relative dans la masse du nuage ne produisait pas à elle seule cet effet.

Il est donc à prévoir que l'eau qui provieut de la condensation de la vapeur d'eau possède un potentiel positif, et que lorsque la vapeur d'eau se dégage, c'est l'eau d'où elle provient qui est positive. On peut encore prévoir que la quantité d'électricité dégagée pendant la vaporisation de l'eau ne peut être que fort petite, inappréciable même, tandis que par la condensation et surtout par la cristallation de la vapeur d'eau une plus grande quantité d'électricité est dégagée.

Ces vues théoriques me dictaient la marche expérimentale à suivre.

Quelques expérimentateurs ont tenté de mesurer le potentiel de l'eau de condensation en condensant de la vapeur d'eau sur une capsule de platine contenant de la glace et mise en relation avec un électroscope condensateur ou avec l'aiguille d'un galvanomètre à quadrants de M. Mascart.

Cette disposition expérimentale a le grave défaut de faire intervenir des actions de contact multiples, eau condensée-platine, platine-glace ou eau de fusion, glace-eau condensée ; je n'ai pas essayé de la mettre en pratique.

L'électricité de l'eau de condensation, aussi bien que celle de la vapeur d'eau doit être mesurée *sans les toucher*. En fait, cette mesure est impossible et l'on doit se contenter de déterminer le signe électrique des charges, ce qui est encore

une opération des plus délicates, ainsi que je vais le montrer.

Lorsqu'on fait écouler des gouttes d'eau électrisées ou de la vapeur d'eau électrisée par la cavité d'un cylindre isolé, sans le toucher, ce cylindre s'électrise de signe contraire ; à mesure qu'il tombe des gouttes d'eau, ou qu'il passe de la vapeur, de petites charges s'accumulent sur le cylindre ; après un temps donné on peut examiner la charge du cylindre d'une manière quelconque.

En vaporisant de l'eau et faisant passer la vapeur par la cavité d'un premier cylindre isolé, sans le toucher, d'une part, tandis que d'autre part les gouttelettes formées par le refroidissement de la vapeur tombent en chute libre à travers un deuxième cylindre isolé, et cela sans le toucher, finalement mettant les deuy cylindres en relation avec les deux armatures du condensateur, et déchargeant celui-ci à travers le galvanomètre, le sens de la déviation galvanométrique donnera les signes électriques des cylindres, et, en inversant, ceux de la vapeur et de l'eau de condensation.

Avec des précautions, et sans qu'il soit nécessaire d'activer beaucoup le mouvement ascensionnel de la vapeur, on peut la faire passer à travers un cylindre métallique, sans le toucher. A la rigueur alors même qu'il se déposerait un peu de buée sur les cylindres, les résultats n'en seraient guère modifiés, à la condition bien enteddu que le même phénomène se répète sur les deux cylindres. Mais il vaut évidemment mieux éviter cette petite cause d'erreur en ne prolongeant pas trop longtemps l'expérience.

Il m'avait semblé que le mode opératoire pourrait être utilement simplifié en n'employant qu'un seul cylindre à travers lequel passeraient les gouttelettes d'eau condensée et reliant ce cylindre avec l'une des armatures du condensateur pendant que l'autre armature était mise à la terre. Lorsque j'ai tenté l'expérience, j'ai trouvé que la prise de terre dénaturait absolument les résultats. Cet accident, que j'avais prévu, me fit revenir à ma première idée.

Voici comment je la réalisai : Imaginons un large tube en U renversé dont une des branches évasée en entonnoir couvrirait un vase de verre, rempli d'eau distillée trés chaude, et placé sur un isoloir à acide sulfurique, tandis que la seconde branche serait constituée par un tube de glace. La vapeur d'eau remontant la branche évasée franchit le coude et se condense dans la branche descendante en partie sur les parois, en partie sous forme de gouttellettes qui tombent en chute libre. Si l'on peut faire que les parois intérieures de l'U soient partout humidifiées pendant l'expérience, la vapeur d'eau pourra s'y condenser mais non s'électriser par frottement, et l'on sera sûr que les gouitelettes tombant en chute libre par la branche descendante n'auront pas acquis antérieurement une électrisation par contact ou frottement. Quant à l'eau qui se condense et ruisselle sur les parois de l'instrument, on n'a pas à s'en préoccuper autrement que pour s'en débarrasser. Donc, avec des précautions faciles à prendre, toute cause d'erreur est éliminée de ce côté.

Si dans le vase de verre une action de contact était produite, il n'est pas probable qu'elle dénature les résultats, tout au plus peut-elle les amoindrir si l'eau de de condeusation est positive.

D'un autre côté on aurait pu craindre que la gaîne d'eau de condensation qui tapisse l'intérieur de l'U, gaîne qui est électrisée probablement, n'agit par influence sur les gouttelettes condensées. Il y aurait là, en effet, un très réel inconvénient ; mais on peut le supprimer facilement en donnant au tube en U un grand diamètre, en veillant à ce que ses parois ruisselent, et en ne prenant le potentiel que des gouttes qui tombent dans l'axe du tube descendant.

Le tube en U que j'ai employé avait de grandes dimensions ; son diamètre intérieur était de 40 centimètres. L'entonnoir et le coude étaient faits de planches rabotées. La branche descendante était formée de deux cylindres de toile maintenus par des baguettes de bois, emboîtés l'un dans l'autre, et dont l'intervalle était rempli de glace. Cette espèce de tube de glace avait 1,40 mètres de longueur.

Au sortir du vase de verre la vapeur traversait un anneau de laiton poli ayant centimètres de diamètre 1 millimètre d'épaisseur et 1 centimètre de longueur, et d'autre part, au sortir de la branche descendante les gouttelettes traversaient un cylindre de laiton poli, ayant 10 centimètres de diamètre et même capacité électrostatique que l'anneau. Ces deux organes étaient soutenus par des isoloirs à acide sulfurique, et des fils de laiton les reliaient aux bornes d'une clef placée avant le condensateur. Au début de chaque expérience, l'entonnoir, le coude et les toiles étaient préalablement immergés dans l'eau froide.

Les résultats de ces expériences ont été remar-

quablement constants. La moyenne des écarts galvanométriques observés a été de 6 millimèires, ce qui correspond a une différence de potentiel d'un peu plus que $\frac{1}{20000}$ de volt.

Ce chiffre devrait évidemment être augmenté pour avoir les valeurs réelles des charges de la vapeur et de l'eau condensée. Le sens de l'écart indiquait que l'anneau traversé par les gouttes d'eau était négatif ; par conséquent ces gouttes étaient positives.

Ces expériences ayant été reprises à trois époques différentes, on peut les considérer comme décisives.

FIRMIN LARROQUE

(*A suivre*)

PRÉDÉTERMINATION DES

CARACTÉRISTIQUES DES MACHINES

DYNAMO-ÉLECTRIQUES (1)

Étant donné le nombre de lignes de force magnétique qui passent à travers la section droite de l'âme de l'armature au plan neutre, la force électromotrice totale peut être facilement évaluée en fonction de l'enroulemeut et de la vitesse.

Pour la simplicité du calcul, nous prendrons pour unité de ligne de force l'équivalent de 6,000 lignes du système C.G.S. ; on aura donc la formule suivante :

$$E_a = z_1 N t n 10^{-6}$$

dans laquelle

E_a, est la force électromotrice totale.
Z_1 le nombre d'unités de lignes passant à travers les deux sections neutres,
$N t$, le nombre de brins utiles enroulés sur l'armature,
n, le nombre de tours par minute (2).

Cette formule s'applique également aux armatures en forme d'anneau, de disque et de tambour ; toutefois pour les deux premiers types, $N t$ représente le nombre total des spires de l'armature, tandis que pour le troisième $N t$ représente le double de ce nombre.

La formule s'applique aussi bien aux machines bipolaires qu'aux machines multipolaires, mais avec cette différence que, dans ce dernier cas, les sections neutres à considérer peuvent n'être pas diamétralement opposées.

Le problème de la recherche de la force électromotrice développée dans une armature donnée, est donc ramené à la détermination de z_1 nombre de lignes passant à travers l'âme de l'armature. La solution que nous allons présenter, suppose connus les détails de construction de la machine, la force magnétisante, et la qualité du fer employé. En d'autres termes, le problème consiste à déterminer la caractéristique d'une dynamo sans avoir recours à l'expérience, étant donné uniquement son type.

Etant donné que la caractéristique usuelle qui représente la relation entre l'intensité d'excitation et la force électromotrice dépend de la vitesse, il est plus simple de choisir comme caractéristique du magnétisme la courbe obtenue, en portant en abscisse, la force magnétisante, et en ordonnées le nombre des lignes de force utiles.

A ma connaissance, la seule tentative qui ait été faite pour représenter la relation algébrique entre ces quantités est la formule si ingénieuse et si simple de Frœhlich, dont la discussion a été exposée par le professeur Sylvanus Thomson.

Suivant la notation originale de Frœhlich, le magnétisme efficace M est donné par la formule

$$M = \frac{i}{a + b i}$$

dans laquelle i représente l'intensité d'une série-dynamo (par conséquent proportionnelle à la force magnétisante), a et b sont des constantes déterminées expérimentalement pour chaque machine.

Pour une intensité infinie, les inducteurs sont saturés, et le magnétisme efficace a pour valeur $\frac{1}{b}$. Si la saturation absolue est prise comme unité, on peut exprimer en fonction de cette unité le magnétisme et la formule simplifiée se transforme en la suivante :

$$M = \frac{i}{a + i}$$

(1) Mémoire lu à la Société des ingénieurs télégraphistes par M. G. Kapp, le 11 novembre 1886.

(2) Voir *La Lumière Électrique* du 13 mars 1886. G. Kapp.

Dans ce cas, les constantes à déterminer expérimentalement sont a et la force électromotrice correspondant à la saturation.

La modification de la formule, suivant le professeur Thomson, donne

$$H = \frac{G + S\,i}{1 + \sigma S\,i}$$

Il y a aussi deux constantes à déterminer expérimentalement : G est la constante géométrique dépendant de la forme de la machine, et ρ est le coefficient de saturation *inverse au nombre d'ampères-tours nécessaire pour porter le magnétisme des inducteurs à moitié de la saturation.*

Or, la nécessité de faire au moins deux expériences pour déterminer la valeur des constantes de chaque machine, limite l'emploi des deux formules aux cas où la nouvelle machine diffère par l'enroulement seul de celle qui a servi aux expériences, et non par les dimensions et le type.

D'autre part, Frœlich lui-même dit que la formule ne donne des résultats exacts qu'entre les limites où sa courbe de l'*intensité* ne peut être considérée que comme une ligne droite. D'une façon générale, il ne sera donc pas possible de tracer la caractéristique totale du magnétisme, même si on a fait les expériences nécessaires à la détermination des constantes.

C'est afin de supprimer ces expériences préliminaires que, depuis deux ans déjà, nous avons employé une formule donnant la valeur du champ en fonction des données électriques, magnétiques et mécaniques, pour chaque type de machine.

Cette formule a pour base la conception de la résistance magnétique. Une quantité proportionnelle au rapport de la longueur à la surface, analogue en cela à la résistance électrique, mais qui en diffère en ce que le coefficient qui multiplie le rapport de la longueur à la surface (résistance spécifique) n'est pas une constante, mais varie avec la densité des lignes qui traverse le fer et devient infinie à la saturation absolue. Toutefois, pour l'air ou pour les métaux non magnétiques, il y a lieu de considérer ce coefficient comme une constante.

La formule, telle que je l'ai publiée dans un mémoire présenté l'année dernière à la Société des Ingénieurs civils, est : dans laquelle P est la

$$\mathfrak{z}_1 = \frac{P}{R_a + R_\alpha + R_f} \text{ (1)}$$

force magnétisante en ampères-tours relative à l'inducteur en fer à cheval qui produit le nombre $\mathfrak{z}_1$ de lignes; R_a, R_α, R_f, les résistances magnétiques respectives de l'entre-fer, de l'armature et des noyaux des inducteurs.

La résistance de l'entre-fer s'obtient en multipliant deux fois (en considérant l'entrée et la sortie du flux) la distance interpolaire, exprimée en *pouces*, par la constante 1440 et divisant le produit par la surface polaire. Dans ce cas, le nombre 1440 est la résistance spécifique de l'air, dans le système de mesures arbitraires que nous avons adopté. Les deux autres résistances sont obtenues de même — pour de faibles valeurs du magnétisme — en déterminant, d'après le projet de la machine, les distances moyennes suivant lesquelles le flux traverse l'armature et les inducteurs, divisées par les surfaces respectives; le rapport étant, dans chaque cas, multiplié par le nombre 2, qui représente la résistance magnétique spécifique initiale du fer *doux recuit.*

La formule empirique précédente n'est exacte que pour de faibles valeurs du magnétisme et, par conséquent, de faibles forces magnétisantes

Nous ferons remarquer que nous avons fait le calcul et déterminé la relation (représentée par une droite) entre E_α et P pour une vitesse donnée. Si donc nous faisons fonctionner la dynamo dans ces conditions, nous trouvons que la force électromotrice observée est égale — ou très peu supérieure — à sa valeur *calculée*, mais rarement inférieure; en d'autres termes, la valeur réelle initiale de la résistance magnétique est égale ou très peu inférieure à la valeur calculée. Ceci est probablement dû à ce que nous négligeons l'influence des extrémités des masses polaires, et aux erreurs commises dans la mesure des longueurs et des surfaces du flux des lignes. Ce flux tend *naturellement* à suivre la voie la plus facile, qu'il nous est impossible de déterminer exactement. Toutefois l'erreur est, en général, très petite et n'influe en rien sur la partie de la courbe qui a une *importance pratique.*

G. Kapp

(A suivre)

(1) Voir *La Lumière Électrique* des 13, 20, 27 mars 1886. G. Kapp.

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur le phénomène Peltier dans les liquides [1]

Fort peu d'expériences directes ont été faites jusqu'à ce jour pour étudier le phénomène Peltier dans les liquides.

En 1856, Du Bois Reymond se servant d'un thermomètre qui lui permettait de lire 0,02 de degré et d'un courant fourni par 30 éléments Grove, trouva que l'échauffement de la section de contact entre une solution de sel marin dans l'eau et de l'acide sulfurique, ne dépendait pas de la direction du courant, c'est-à-dire qu'il n'y avait aucune trace du phénomène Peltier.

Les recherches de Wild n'obtinrent pas un meilleur succès. Il se servait d'une pile de quatre éléments Grove et de thermomètres qui donnaient 0,05 de degré.

En 1870, Schultz-Schellack est parvenu à démontrer l'existence du phénomène Peltier entre deux électrolytes. Il se servait d'un thermomètre différentiel à air ou de couples thermo-électriques dont les soudures étaient séparées des liquides par de minces membranes de caoutchouc. Les électrolytes étaient des solutions concentrées de $Ca\,Cl$ et de $NH_4\,Cl$. Les résultats obtenus furent petits et incertains. L'auteur n'en cite aucun : seulement il dit qu'il a pu établir que la section de contact s'échauffe davantage, lorsque le courant va du $Ca\,Cl$ au $NH_4\,Cl$.

En 1879, M. Hoorweg revint sur ce sujet. Deux tubes de verre beaucoup plus minces sur une longueur de 10 centimètres, de sorte que le diamètre intérieur de la section était d'un millimètre, furent disposés verticalement. Ils entraient avec les extrémités supérieures ouvertes dans un récipient, et les deux extrémités inférieures étaient fermées par des bouchons de liège, à travers lesquels passaient deux électrodes de cuivre. La partie inférieure des tubes était remplie de sulfate de cuivre, la partie supérieure et le récipient placé au-dessus contenaient de l'acide sulfurique étendu. Extérieurement, à la hauteur des deux sections de contact, on appliqua à la surface du verre les deux soudures d'un couple cuivre-fer, dans le circuit duquel se trouvait un galvanomètre sensible. Quand un courant de 12 éléments Bunsen traversait les liquides, l'aiguille du galvanomètre déviait dans un sens ou dans l'autre d'après la direction de ce courant. On trouva que, lorsque le courant passait de SO_4H_2 à $SO_4\,Cu$, il y avait refroidissement.

Nous ne connaissons pas d'autres expériences directes sur ce sujet, aussi avons-nous cru convenable de tenter une recherche plus étendue et une mesure approchée du phénomène. Nous avons fait nos premiers essais avec des couples et des piles thermo-électriques. Considérant ensuite les causes perturbatrices, qui rendaient incertaine cette méthode thermométrique, nous avons fait usage de thermomètres très bien construits par M. Baudin, avec le degré divisé en 50 parties. Chaque thermomètre comprenait à peu près 12 degrés. Nous en avons employé un de 0 à 13 degrés et un autre de 12 à 24 degrés.

Après bien de perfectionnements successifs de notre appareil, nous adoptâmes la disposition suivante :

Nous plaçames deux récipients cylindriques de verre d'un diamètre de 16 centimètres, tout près l'un de l'autre. Un disque de carton enduit de poix était fixé dans chaque cylindre à mi-hauteur. Si nous avions eu deux thermomètres parfaitement égaux, nous aurions mieux aimé en mettre un dans chaque cylindre pour les observer tous deux durant le passage du courant; mais n'en ayant qu'un, nous avons dû nous contenter de faire deux expériences successives, en observant l'intensité du courant et en le faisant passer d'abord dans un sens et après dans l'autre. En conséquence, un des deux récipients avait seulement pour but de faire que le courant, grâce à la symétrie de l'appareil, en changeant de signe, ne changeât pas beaucoup d'intensité.

Le cylindre, dans lequel on avait mis le thermomètre, était placé dans une cuve remplie d'eau ; on plaça l'appareil dans une chambre, où les variations de température étaient très petites.

Les premières expériences furent faites avec des solutions de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc. Au fond de chaque récipient était placée une plaque circulaire de cuivre du diamètre de 13 c.m. reliée à un fil de cuivre parfaitement isolé qui sor-

[1] Trois notes par A. Naccari et A. Battelli. — *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino*, vol. XX (1884-85) et XXV (1885-86).

tait du récipient. La solution de $SO_4 Cu$ remplissait tout-à-fait l'intervalle entre le fond et le diaphragme. La partie supérieure contenait la solution de $SO_4 Cu$, dans laquelle était immergé un disque de zinc du diamètre de 13 centimètres avec un trou au milieu. Les deux disques de zinc étaient reliés entre eux par un fil de cuivre. Le courant entrait dans l'appareil par un des deux disques de cuivre; il passait, traversant les deux couches liquides, au disque de zinc supérieur, d'où par le fil de conjonction il allait au disque de zinc de l'autre vase; ensuite traversant les deux couches liquides de ce dernier, il allait au disque de cuivre et au fil par lequel il sortait.

Les motifs qui nous entrainèrent à adopter cette disposition si différente de celle adoptée par M. Hoorweg, sont les suivants. Il fallait diminuer autant que possible l'effet Joule, retarder la diffusion, placer le thermomètre dans les conditions les plus avantageuses, pour pouvoir mesurer les phénomènes thermiques produits par l'effet Peltier. La première condition était remplie par l'emploi du cylindre de verre de grand diamètre et la seconde par l'emploi du disque imperméable placé entre les deux solutions, de manière à occuper la plus grande partie de la section. Un disque en verre, très mince et percé au milieu, occupait la partie centrale du disque de carton. Le trou avait un diamètre d'un centimètre à peu près et était occupé presque en entier par le réservoir du thermomètre. Aussi, quoique la section libre fût très étroite, cela n'arrivait pourtant que sur un espace cylindrique vertical de très petite hauteur, de sorte que la résistance opposée au courant ne pouvait pas être grande. Afin que le thermomètre se ressentît le moins possible des autres phénomènes thermiques, qui pouvaient avoir des influences perturbatrices, on revêtit le réservoir du thermomètre avec un morceau de tuyau en caoutchouc, en laissant à nu seulement la partie qu'occupait le trou nommé ci-dessus.

On obtenait le courant qui devait produire le phénomène par un ou deux couples Bunsen, et on le mesurait avec un galvanomètre à réflexion. L'intensité du courant qui produisait une déviation égale à une division de l'échelle était 0,000179 ampère.

L'ordre adopté, après de longs essais dans les expériences, a été le suivant. Après avoir disposé l'appareil de la façon ci-dessus décrite, on le laissait pendant plusieurs heures en repos, afin que les liquides pûssent prendre une température peu différente de celle de l'air ambiant. On commençait alors à observer le thermomètre chaque minute. Quand les variations de température étaient très petites, on fermait le circuit et on le tenait fermé pendant 15 minutes, observant de temps en temps le thermomètre et le galvanomètre. Les 15 minutes écoulées, on interrompait le courant, et on continuait à observer toutes les minutes le thermomètre, comme on le fait ordinairement dans les déterminations calorimétriques. Ensuite on faisait passer le courant dans le sens opposé et on procédait comme auparavant. Le plus souvent, grâce à la symétrie qui existait dans l'appareil, le courant avait dans les deux cas la même valeur ou à peu près. Si cela n'avait pas lieu, un rhéostat servait à régler le courant de manière à obtenir, au moins à peu près, la même intensité. D'ailleurs, chaque fois que la différence n'était pas négligeable, on calculait l'effet Peltier par la formule

$$h = \frac{q\, i_1^2 - q_1\, i^2}{i\, i_1^2 + i_1\, i^2}$$

où q et q_1 sont les effets thermiques observés dans les deux cas et $i\, i_1$ les intensités du courant. On n'a jamais tenu compte des expériences dans lesquelles i et i_1 étaient sensiblement différents.

Dès les premières expériences faites avec l'appareil décrit, nous avons reconnu que le sens de l'effet Peltier pouvait avec sureté être établi et qu'on pouvait en obtenir aussi une mesure relative. Le degré de précision dont nous avons dû nous contenter est pourtant très petit, et cela à cause de la faible intensité du phénomène qu'on devait mesurer et des courants qu'il était impossible de supprimer dans les liquides et qui produisent dans le thermomètre des perturbations tout-à-fait irrégulières. Pour obtenir une première vérification, nous avons fait quatre séries d'expériences avec des courants d'intensité presque égale dans chaque série, mais différente d'une série à l'autre. On devait obtenir la même valeur de h dans toutes les séries. Les liquides étaient une solution de $Zn\, SO_4$ (densité 1,33) et une solution de $Cu\, SO_4$ (densité 1,15). En réunissant les valeurs moyennes de i et de h obtenues dans ces expériences, nous avons :

i	$h.\, 10^6$
63	71

120	64
148	72
187	67

La valeur de h reste à peu près constante, quoique celle de i augmente dans le cours de l'expérience, dans le rapport de 1 à 3. La proportionnalité de l'effet Peltier à l'intensité du courant est donc vérifiée par ces expériences.

En général, dans chaque série de ces expériences, les valeurs de h se trouvèrent bien différentes. A cause de ces discordances, que nous n'avons pas pu supprimer, on peut considérer cette étude comme une première approximation dans la mesure de l'effet Peltier dans les liquides.

Nous avons pris le parti de faire pour chaque subtance plusieurs mesures de h, afin d'obtenir une valeur moyenne passablement approchée.

Pour éloigner tout soupçon que d'autres causes pouvaient produire les effets thermiques observés, nous avons fait : 1° une série d'expériences avec deux solutions différentes placées l'une sur l'autre comme d'ordinaire; mais, au lieu de placer le réservoir du thermomètre dans la section de contact, nous l'avons immergé dans la solution supérieure ; 2° une série d'expériences avec le même liquide au-dessus et au-dessous du diaphragme et avec le réservoir du thermomètre à la place ordinaire. De cette manière, nous nous sommes convaincus que, quand le thermomètre ne se trouvait pas dans la section de contact, ou quand un seul et même liquide était contenu dans l'appareil, le thermomètre n'indiquait plus l'effet thermique qu'on observait dans les conditions ordinaires.

Ensuite, nous avons commencé une étude sur les différentes solutions. Une solution de $Cu\,SO_4$ de concentration donnée a été mise en contact avec les autres solutions. Les solutions qui ont été placées successivement en contact avec $Cu\,SO_4$ ont été composées de manière à contenir en volumes égaux le même nombre de molécules.

En nous servant de

$Cu\,SO_4$ (densité 1,18)

$Zn\,SO_4$ (densité 1,14)

nous avons obtenu $h = 100$. Le $Cu\,SO_4$ était à un potentiel plus élevé, et chaque fois qu'on a trouvé la $Cu\,SO_4$ à un potentiel plus élevé que le liquide, avec lequel il était en contact, on a pris la valeur de h comme positive. Avec

$Cu\,SO_4$ (densité 1,18)

$H_2\,SO_4$ (densité 1,05)

on a obtenu $h = 120,10^{-6}$. En plaçant en contact $H_2\,SO_4$ (densité 1,05) avec $Zn\,SO_4$ (densité 1,14), le $Zn\,SO_4$ devait se trouver positif par rapport à $H_2\,SO_4$, et on devait avoir $h = 20,10^{-6}$. Le signe de h se trouva en effet tel qu'on l'avait prévu, mais sa valeur fut de $29,10^{-6}$ au lieu de $20,10^{-6}$. La différence est certainement grande, mais elle confirme le peu de précision qu'on peut obtenir dans ces expériences.

La première colonne du tableau suivant contient les noms des solutions des différents sulfates qu'on plaça successivement au contact de la solution de $SO_4\,Cu$ ayant la densité de 1,18 ; la seconde colonne contient la densité de ces solutions; dans la troisième, on trouve l'effet Peltier observé lorsque chaque solution était en contact avec la solution de $SO_4\,Cu$ ci-dessus mentionnée.

$Ni\,SO_4$	1 13	— 49
$Ni\,(NH_4)_2\,SO_4$	1 07	12
$Cu\,SO_4$	1 13	27
$(NH_4)_2\,SO_4$	1 06	27
$Na_2\,SO_4$	1 057	52
$Mn\,SO_4$	1 11	64
$Mg\,SO_4$	1 09	74
$K_2\,SO_4$	1 07	91
$Zn\,SO_4$	1 137	101
$Fe\,SO_4$	1 12	106
$H_2\,SO_4$	1 05	120

On essaya également plusieurs chlorures. Une des deux solutions mises dans l'appareil était toujours de $Cl\,Na$ et avait la densité de 1,10. La valeur de h fut considérée comme positive, quand cette derniére solution était à un potentiel plus élevé.

$Ni\,Cl_2$	1 115	— 60
$H\,Cl$	1 029	— 46
$Mg\,Cl_2$	1 12	— 36
$Zn\,Cl_2$	1 19	— 23
$Cu\,Cl_2$	1 29	+ 14
$K\,Cl$	1 08	24
$Na\,Cl$	1 068	27
$Cu\,Cl_2$	1 15	38
$Mn\,Cl_2$	1 167	38
$NH_4\,Cl$	1 026	52

On aurait dû corriger les valeurs de *h* obtenues dans les différentes expériences, à cause de la différence de la chaleur spécifique des différentes solutions, mais nous nous sommes convaincus que cette correction pouvait être négligée grâce au petit degré de précision de la mesure. Il n'y a aucune concordance entre les deux séries, et les expériences ne permettent de faire aucune conclusion générale sur la classification des solutions salines par rapport au phénomène Peltier.

Le tableau suivant contient plusieurs valeurs de l'effet Peltier ($h\ 10^6$) obtenues en plaçant le sulfate d'un métal donné en contact avec le chlorure du même métal.

$Cu\,SO_4 - Cu\,Cl_2$	25
$Na_2\,SO_4 - Na\,Cl$	69
$H_2\,SO_4 - H\,Cl$	65
$K_2\,SO_4 - K\,Cl$	59
$Mg\,SO_4 - Mg\,Cl$	44

Chaque fois que la solubilité du sel le permit, on composa les solutions de manière qu'il y avait un nombre de molécules électrochimiques égal à celui qui était contenu dans la solution de $H\,Cl$ dont la densité était de 1,1. On prit l'effet Peltier comme positif quand le chlorure était à un potentiel plus élevé que le sulfate. L'effet Peltier obtenu dans ce cas est, comme on le voit, du même ordre de grandeur que celui trouvé dans les séries précédentes. Le degré de précision des dernières expériences fut moindre que celui des précédentes, parce que les conditions extérieures étaient moins favorables.

Le phénomène Peltier se présente avec une remarquable intensité entre deux solutions d'une même substance ayant une différente concentration. Quand la différence de concentration augmente, l'intensité du phénomène augmente aussi ; mais nous ne pûmes établir acuune loi. Pour toutes les substances suivantes, une première recherche montra que la solution plus concentrée était à un potentiel plus élevé ; $Cu\,SO_4$, $Zn\,SO_4$, $Fe\,SO_4$, $(NH_4)_2\,SO_4$, $Na_2\,SO_4$, $K_2\,SO_4$ $Mn\,SO_4$, $Mg\,SO_4$, $Na\,Cl$; on trouva le contraire pour $H_2\,SO_4$ et $H\,Cl$. Ayant remarqué cette singularité des deux acides, nous crûmes utile d'examiner si le même fait se vérifiait en d'autres cas. Nous rapportons ci-dessous les résultats de plusieurs expériences faites plus récemment sur ce sujet, dans lesquelles on mit en contact réciproque une solution dont la densité est indiquée dans le tableau, avec une solution très délayée de la même substance. On prit la valeur de *h* comme positive, quand on trouva un potentiel plus élevé pour la solution plus concentrée.

Subtances	Densités	$h.\ 10^6$
Nitrate de cuivre	1 10	129
— potassium	1 08	29
— sodium	»	21
— calcium	»	96
Acide nitrique	1 10	— 121
Acétate de potassium	1 08	44
— sodium	»	62
— calcium	1 07	73
Acide acétique	1 02	— 174
Oxalate de potassium	1 08	73
— sodium	1 02	44
— calcium	1 01	121
Acide oxalique	8 03	— 43
Iodure de potassium	1 08	40
— sodium	1 05	50
— calcium	1 03	33
Acide iodhydrique	1 03	— 19
Bromure de potassium	1 08	32
— sodium	1 08	31
— calcium	1 05	61
Acide bromhydrique	1 03	— 21

Ces expériences montrent le même fait que celui précédemment signalé. Tandis que pour les solutions salines la solution plus concentrée est à potentiel plus élevé, on obtient le contraire pour les acides. Pour l'acide iodique, de même que pour l'acide bromique, la valeur de *h* fut négative.

Pour avoir quelque indication sur la valeur absolue du phénomène, nous avons procédé de la manière suivante. Dans le même appareil, on mit de l'eau, tant au-dessous qu'au-dessus du diaphragme. Le thermomètre était à la place ordinaire. Deux fils, l'un de fer l'autre de zinc, furent soudés ensemble à l'une des extrémités, et la partie contenant la soudure fut placée en demi-cercle autour du thermomètre dans le trou du diaphragme. Excepté cette portion, la partie immergée des fils fut isolée. L'effet thermique produit dans les fils par le passage du courant, se transmettait au liquide et au thermomètre. Nous

avons obtenu, moyennant dix couples d'expériences, la valeur moyenne $h\ 10^6 = 18$. On voit que l'ordre de grandeur de l'effet Peltier dans les liquides n'est pas moindre que celui qu'on observe en général entre les métaux. Puisque la force électromotrice Peltier, entre le zinc et le fer, et d'après les mesures de M. Bellati, de 0,0024 volt on pourrait calculer la valeur absolue de l'effet Peltier entre les liquides que nous venons d'étudier.

Nouvelle méthode de détermination du rendement commercial d'une dynamo; par MM. Ravenshaw et Trotter.

Nos lecteurs se rappellent peut-être la méthode que le Dr Hopkinson a employé pour cette determination, et qui consiste à coupler deux dynamos, mécaniquement et électriquement, l'une marchant comme moteur, l'autre comme génératrice; l'excès de travail nécessaire étant fourni au système par une poulie. On peut alors calculer le rendement, en admettant que les coefficients de transformation des deux machines sont les mêmes.

Cette méthode offre encore l'inconvénient d'exiger une mesure de travail mécanique; aussi a-t-on cherché a supprimer complètement toute transmission de ce genre. Lord Rayleigh a proposé pour cela d'employer une troisième dynamo quelconque et qui fournirait au moteur l'excès de travail nécessaire, on n'a plus alors que des mesures électriques à faire; mais il faut encore que deux des machines soient identiques.

M. Ravenshaw a combiné une nouvelle méthodequi exige aussi trois dynamos, mais de types quelconques; et on peut prendre pour celà deux vieilles machines démodées.

Soit A B C les trois dynamos, on fait trois expériences, dans lesquelles on couple les dynamos 2 à 2, suivant la méthode de Hopkinson, la troisième servant à fournir l'excès d'énergie; soit $E_1\ E_2\ E_3$ les rendements bruts des trois combinaisons; E_1 étant le rendement de la combinaison B, C; E_2 celui de A, C etc. On aura trois équations de la forme :

$$\mu_C\ \mu_B = E_1$$

qui déterminent les trois quantités μ_A, μ_B, μ_C, ou les trois rendements commerciaux; on a alors par exemple :

$$\mu_A = \sqrt{\frac{E_2\ E_3}{E_1}}$$

En réalité, on suppose encore que le rendement d'une machine est le même comme moteur et comme génératrice. Or, d'après le tableau suivant, résumé d'une expérience faite par M. Trotter et Ravenshaw, il ne peut en être ainsi.

Moteur	Génératrice	Rendement total en o/o		Moyenne
B	C			
8000 watts	3700 watts	46,2	45,95	$E_1 =$ 46,8 o/o
8050 —	3680 —	45,7		
C	B			
5030 —	2440 —	48,4	47,95	
4750 —	2260 —	47,5		
C'	A			
8000 —	5000 —	62,5	62,25	$E_2 =$ 62,5 o/o
8400 —	5200 —	62,0		
A	C			
8100 —	5100 —	63,0	62,9	
8250 —	5180 —	62,8		
A	B			
6900 —	4080 —	59,0	57,1	$E_3 =$ 57,1 o/o
6380 —	3500 —	55,0		
5800 —	3330 —	57,5		

M. Ravenshaw prend alors comme valeur pour les E, les moyennes arithmétiques; il trouve ainsi :

$$\mu_A = 87{,}6 \qquad \mu_B = 65{,}2 \qquad \mu_C = 71{,}5\ o/o$$

Tandis que les rendements électriques étaient respectivement :

91,78,5 et 89,1 o/o

En considérant le tableau précédent on voit que les rendements des trois machines doivent être différentes suivant qu'elles servent de moteur ou de génératrice. On pourrait croire qu'il suffirait de faire les six expériences, en couplant deux à deux les machines et en intervertissant leurs rôles pour déterminer les six rendements inconnus; mais en posant les équations, on reconnaît qu'elles ne correspondent en réalité qu'à

5 relations ; il faut donc nécessairement faire une hypothèse.

Comme la machine A est de type récent, on peut avec plus de vraisemblance admettre que ses deux rendements (comme génératrice et comme moteur) sont égaux, et on peut alors résoudre les équations dont nous parlions ; on arrive ainsi aux valeurs suivantes ; en indiquant par μ_{Ag} et μ_{Am} les rendements commerciaux d'une des machines, dans les deux cas :

$$\left.\begin{array}{l}\mu_{Cg} = 0{,}720 \\ \mu_{Cm} = 0{,}726\end{array}\right\} 0{,}723$$

$$\mu_{Ag} = \mu_{Am} = 0{,}865$$

$$\left.\begin{array}{l}\mu_{Bg} = 0{,}659 \\ \mu_{Bm} = 0{,}638\end{array}\right\} 0{,}649$$

Comme l'on voit avec cette hypothèse, les expériences donneraient pour les rendements de la machine C à peu près la même valeur dans les deux cas, tandis que pour B ; le rendement comme génératrice est sensiblement plus fort que lorsqu'on l'emploie comme moteur.

Ces chiffres sont probablement plus exacts que ceux obtenus par la méthode sommaire de calcul employée par M. Ravenshaw ; mais nous devons dire du reste, que même avec cette modification, cette méthode, comme celle du Dr Hopkinson a malheureusement quelque chose d'arbitraire, qui lui enlève beaucoup de sa valeur quelqu'originale qu'elle soit du reste.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

La dynamo de M. Rankin Kennedy. — M. Rankin Kennedy, de Glasgow, est l'auteur d'une machine dynamo dont la construction est représentée schématiquement sur la figure 1, où N et S désignent les pôles, tandis que l'enroulement est entouré d'une boîte en fer qui enveloppe le champ magnétique. Dans ces machines, les pôles N et S sont des projections tubulaires de forme elliptique, traversées par l'arbre qui porte l'induit. Ces projections sont coupées ou évasées aux ex-

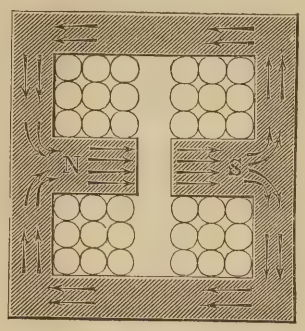


Fig. 1.

trémités d'un même diamètre, de manière à laisser deux pièces polaires de même nom horizontalement opposées l'une à l'autre du même côté de l'armature, ainsi qu'on le voit en S S sur la

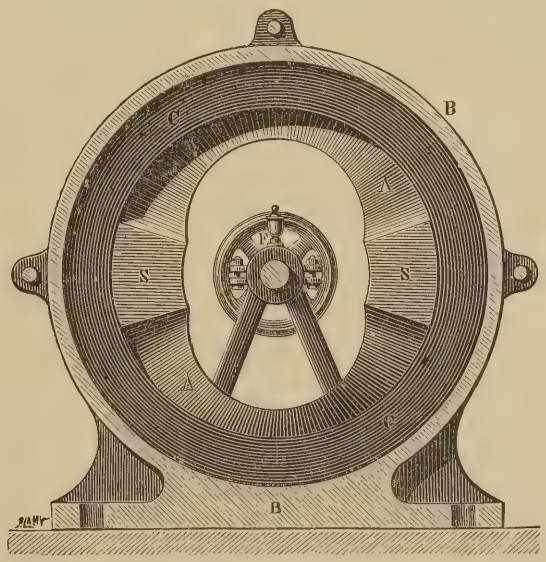


Fig. 2.

figure 2. Cette dernière représente une section de la carcasse de la machine ; B C représentent la boîte en fer et A S les projections. De l'autre côté de l'armature, les projections polaires sont placées en face l'une de l'autre, suivant un diamètre vertical, comme on le voit sur la figure 3, où D

représente une partie de l'armature et E le collecteur de la machine. Cette disposition donne à la

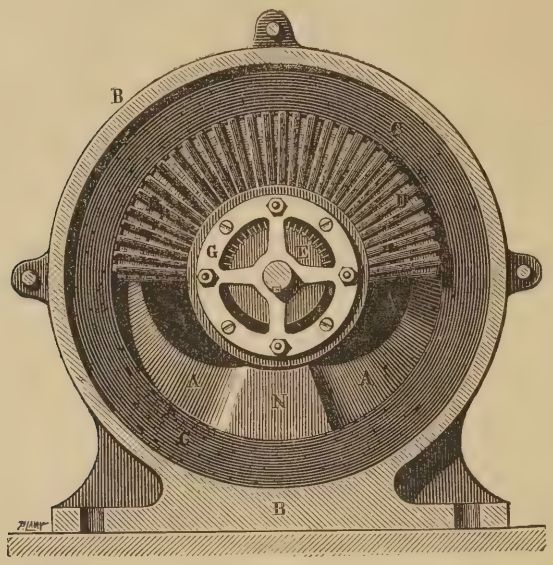


Fig. 3.

dynamo quatre pôles placés alternativement de chaque côté de l'armature. Le circuit magnétique

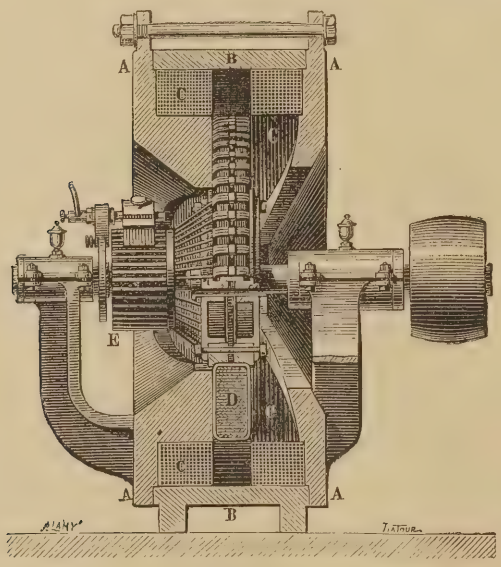


Fig. 4.

est fermé par la boîte extérieure de manière à empêcher la formation d'un champ extérieur.

La construction intérieure de la machine est rendue claire par la figure 4. On peut donner un nombre pair quelconque de pôles à cette dynamo.

Un nouvel interrupteur. — M. Bucknill vient d'inventer un petit interrupteur électrique très ingénieux, dont il a confié la construction à MM. Elliott frères, de Londres. Les contacts sont montés à l'intérieur d'un anneau élastique, de sorte qu'il suffit d'exercer une pression sur celui-ci pour établir ou rompre le contact. Sur la figure 5, A, B, C, D représentent un anneau en acier muni de blocs en ébonite en forme de sec-

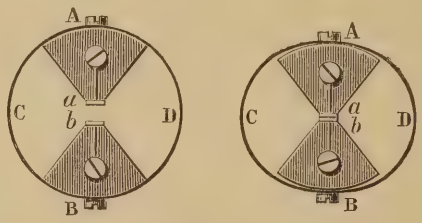


Fig. 5.

teurs *d* fixés à deux côtés opposés de l'anneau. Ces secteurs sont pourvus en *a* et en *b* d'une garniture de platine en communication avec des bornes, de manière à faire partie du circuit électrique qu'il s'agit d'interrompre; quand l'anneau est déformé par une légère pression, comme le montre la figure à droite, le contact est fermé, tandis qu'il est ouvert, dès que l'anneau a repris sa forme primitive. Le département de la guerre a adopté ce dispositif pour les mines des armées de terre et de mer.

Un bateau électrique sous-marin.—MM. Campbell, Wolesley et Lyon, ont inventé un bateau sous-marin pouvant plonger et remonter en modifiant son volume ou celui de l'eau déplacée. Le nouveau bateau est construit par MM. Fletcher fils, et Fearwell de Limehouse, Londres ; sa forme est celle d'un cigare pointu aux deux bouts. Il a 60 pieds de long et 1 diamètre de 8 pieds au milieu. Le déplacement sous l'eau est de 50 tonnes environ. Le bateau est entièrement construit en acier Siemens-Martin de 3/8 pouce d'épaisseur, et il est actionné par deux hélices mis en mouvement par une batterie d'accumulateurs de 45 chevaux, qui fournit également le courant nécessaire à l'éclairage électrique du bateau ; une quantité d'air suffisante pour trois jours peut être emmagasinée sous pression à bord. Les accumulateurs emmagasinent également une énergie suffisante pour trois jours. Quand le bateau flotte sur l'eau, sa partie médiane et supérieure n'est qu'à 10 pouces

au dessus de l'eau. Sur cette partie médiane se trouve une tourelle en acier d'une hauteur de 12 pouces, munie de quatre lucarnes. Le bateau peut contenir 6 personnes ; il plonge et remonte au moyen de chambres cylindriques, qui sont à volonté poussées latéralement hors du bateau ou bien rentrées par un mécanisme analogue à celui des télescopes. Pendant les essais qui ont été faits dernièrement aux West India Docks, ce bateau a plongé à plusieurs reprises jusqu'au fond de l'eau, à une profondeur de 17 pieds. On se propose de l'utiliser comme torpilleur et pour d'autres opérations sous-marines.

La mesure du coefficient d'induction mutuelle. — Le professeur G. C. Foster a dernièrement communiqué à la *London Physical Society* une méthode pour mesurer le coefficient d'induction mutuelle de deux bobines, l'une primaire et l'autre secondaire. Cette méthode consistait primitivement : 1° à observer la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre placé en série avec la bobine secondaire, tandis qu'on faisait passer un courant d'une intensité y dans la bobine primaire ; 2° à placer le galvanomètre et un condensateur d'une capacité connue c comme shunt entre deux points A et B du circuit primaire, de manière à obtenir la même déviation de l'aiguille qu'en (1), dès que le circuit primaire est fermé. Dans ces conditions il est facile de voir que l'on a $M = c\,r\,r'$ en désignant par M le coefficient à déterminer, par r la résistance entre les points A et B et par r' la résistance du galvanomètre et de la bobine secondaire. La valeur de y doit nécessairement être la même dans les deux observations, et il faut aussi pouvoir faire varier r sans modifier y. Pour faciliter ces mesures, on a transformé le procédé de manière à en faire une méthode de réduction à zéro. Les communications restent les mêmes que pour le cas (2), seulement les extrémités de la bobine secondaire sont reliées aux bornes du galvanomètre à travers une résistance variable sans self-induction. Si p représente la résistance de la bobine secondaire et de la résistance variable, lorsque celle-ci est réglée de manière que le courant intégral traversant le galvanomètre par suite de la fermeture du circuit primaire, soit égal à zéro, on démontre que $M = c\,p\,r$, c et r ayant les mêmes significations que précédemment. Le galvanomètre peut être remplacé par un téléphone et la méthode renversée pourra servir à déterminer la capacité des condensateurs en mesure absolue.

La lumière électrique au musée britannique. — L'installation de l'éclairage électrique au British Museum, a dernièrement été modifiée, et sera bientôt augmentée dans des proportions considérables. On vient d'installer, à cet effet, deux machines horizontales de Marshall, actionnant un seul arbre, sur lequel est monté un volant d'un diamètre de 13 pieds.

Les moteurs fournissent actuellement 80 chevaux, mais ils peuvent donner jusqu'à 240 chevaux. La lumière électrique à arc et à incandescence, est déjà installée dans un certain nombre de bureaux, de galeries et d'autres locaux. La grande salle de lecture qui forme un cercle de 140 pieds de diamètre, est éclairée au moyen de 5 foyers à arc de 4000 bougies chacun. Ces lampes sont munies de lentilles et d'écrans de forme pentagonale, qui projettent la lumière en bas dans la salle de leurs facettes en verre doré. Le courant est fourni par trois dynamos. Seize foyers à arc de 500 bougies chacun sont distribués dans les galeries, les escaliers, et dans le vestibule du musée. A côté de ces foyers, il y a encore 200 lampes à incandescence, dont une partie se trouve dans les salles des manuscrits. D'ici peu l'installation sera probablement étendue à tous les locaux qui renferment les collections du musée. En attendant, ces locaux sont fermés dès qu'il fait nuit, c'est-à-dire vers 4 heures dans cette saison. La salle de lecture déjà éclairée à l'électricité, reste ouverte jusqu'au soir.

Le Télégraphe de la Bourse, de M. Higgins. — A Londres, les dernières nouvelles sont, on le sait, fournies par le télégraphe à un grand nombre de clubs, bureaux d'administration, etc., etc., pendant les heures de la journée et de la soirée. Elles sont apportées par divers intermédiaires à la Compagnie du Télégraphe de la Bourse, dont le bureau central de Cornhil (Londres) les transmet aux nombreux bureaux télégraphiques de la métropole.

Ces nouvelles sont de toute nature : politique générale, sport, bourses, marchés, etc. Les bureaux auxiliaires les reçoivent imprimées sur des bandes par les télégraphes imprimeurs, de sorte que chacun peut les lire. Le ruban imprimé est transporté dans une corbeille dans les lieux

publics, où il est découpé par fragments d'une certaine longueur et collé sur des tableaux-affiches où tout le monde peut en prendre connaissance.

C'est ainsi que sont distribuées, dans toute la ville de Londres, aussitôt qu'elles arrivent, les nouvelles du monde entier. Toute personne qui paye à la Compagnie la redevance annuelle qu'elle réclame pour cela, peut également recevoir communication spéciale des mêmes dépêches.

Les appareils sont de l'invention de M. F.-H.-W. Higgins, ingénieur en chef de la Compagnie du Télégraphe de la Bourse; ils se composent des appareils transmetteurs et des récepteurs imprimeurs. Voici, du reste, en quoi consiste le système :

Un seul transmetteur expédie la dépêche sur un certain nombre de lignes ayant chacune plusieurs récepteurs distincts, reliés en série. Le transmetteur fonctionne sous l'action d'un clavier agissant sur un nombre déterminé de relais, dont chacun expédie à son tour le message sur une ligne particulière et à tous les récepteurs de cette ligne. Trente récepteurs, c'est-à-dire un nombre égal d'abonnés peuvent être desservis par une même ligne. La batterie employée est une variété de la pile au bichromate, imaginée par M. Higgins.

Aujourd'hui, nous nous occuperons spécialement de l'appareil transmetteur de M. Higgins, qui est du genre de ceux dans lesquels un cylindre à mouvement rotatif, et portant à sa circonférence des lames ou saillies, est susceptible d'être arrêté, par intervalles, par l'abaissement de touches correspondant aux lettres de l'alphabet et autres signes nécessaires à la transmission des dépêches.

Le cylindre entraîne, dans son mouvement de rotation, une roue portant à sa circonférence des dents espacées, lesquelles produisent une série de contacts avec la batterie et amènent dans le circuit des courants intermittents. Deux ressorts de contact sont reliés avec cette roue, et chacun d'eux se trouve dans le circuit d'une batterie locale et d'un relais. En tournant avec le cylindre, la roue ferme les circuits locaux alternativement, et les relais transmettent l'un le courant positif, l'autre le courant négatif. Cette disposition a pour effet d'empêcher la vibration des ressorts de contact sur la roue; elle simplifie, d'ailleurs, l'appareil. Entre les relais et le fil de ligne se trouve relié un condensateur destiné à empêcher la production d'étincelles.

Lorsque le cylindre à lames n'est pas sous l'action des touches, il reçoit un mouvement de rotation qui lui est communiqué par un cliquet pénétrant dans les dents d'une roue actionnée par un moteur électrique. Le cylindre à lames est relié avec la roue de contact par un ressort. Quand le cylindre s'arrête, le ressort se détend et le cliquet se soulève; lorsqu'il se remet en marche, le ressort se tend de nouveau et replace le cliquet dans les dents de la roue.

L'action du transmetteur sera mieux comprise à l'aide des figures 6 et 7, qui représentent en plan et en élévation une partie de l'appareil à clavier du transmetteur.

Dans ces figures, A représente la roue à rochet, qui reçoit son mouvement du moteur électrique; elle est évidée sur une de ses faces et porte dans cet évidement un disque B fixe sur l'axe C. Entre les faces de la roue A et du disque B se trouve une rondelle de drap imbibée d'huile; l'axe C, pressé par un ressort, tend à maintenir ces surfaces en contact, de sorte que la roue à rochet A, dans son mouvement de rotation, tend à entraîner le disque B et l'axe C, indépendamment de la commande intermittente qu'ils reçoivent et que nous allons décrire.

D est la roue de contact dont il a été question plus haut; elle est reliée au disque A. Les ressorts E^1 E^2 entrent en contact avec les dents de la roue D et ferment le circuit de la batterie. E^* E^* sont des appuis sur lesquels retombent les ressorts E^1 E^2 au moment où ils abandonnent les dents de la roue D. Le cylindre F porte à sa circonférence des lames F′ disposées en spirale et correspondant aux lettres de l'alphabet et autres signes nécessaires. Le cylindre F est monté fou sur l'axe C, c'est-à-dire qu'il peut tourner librement sur ce dernier, à moins qu'une touche du clavier ne soit abaissée, auquel cas il tourne avec lui. Il est pourvu d'un bras F^2 qui, au moyen d'un ressort G, est relié avec un goujon que porte la roue de contact D. Ce bras F^2 porte lui-même un goujon qui traverse la roue et auquel s'articule sur l'autre face de cette roue un bras H, s'articulant lui-même, par son extrémité opposée, avec un levier à cliquet K, monté à pivot sur un support L, articulé à son tour à la face postérieure de la roue D. Le ressort L′ maintient le support L contre un arrêt D^* fixé sur la roue D, de sorte

que dans toutes les conditions de fonctionnement normal, le support L se trouve fixé d'une manière rigide à la roue D.

Lorsque le cliquet K s'engage dans les dents de la roue à rochet A, le cylindre F reçoit du moteur un mouvement de rotation; mais il suffit

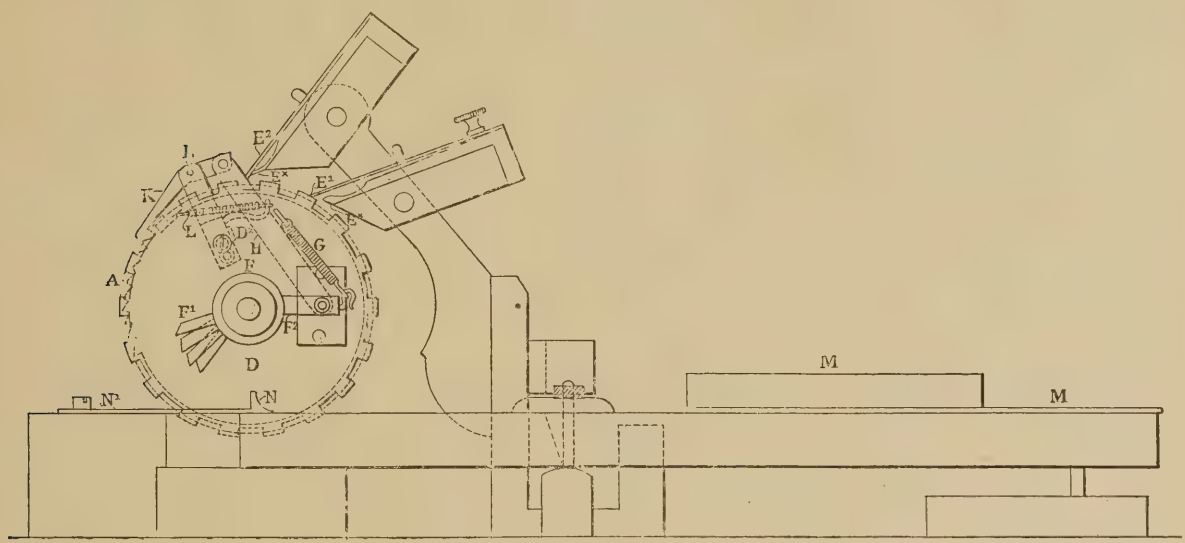


Fig. 6.

de presser sur l'une des touches M pour le mettre hors de l'action du moteur, attendu que l'abaissement d'une de ces touches fait soulever la saillie correspondante N, que porte à son extrémité le

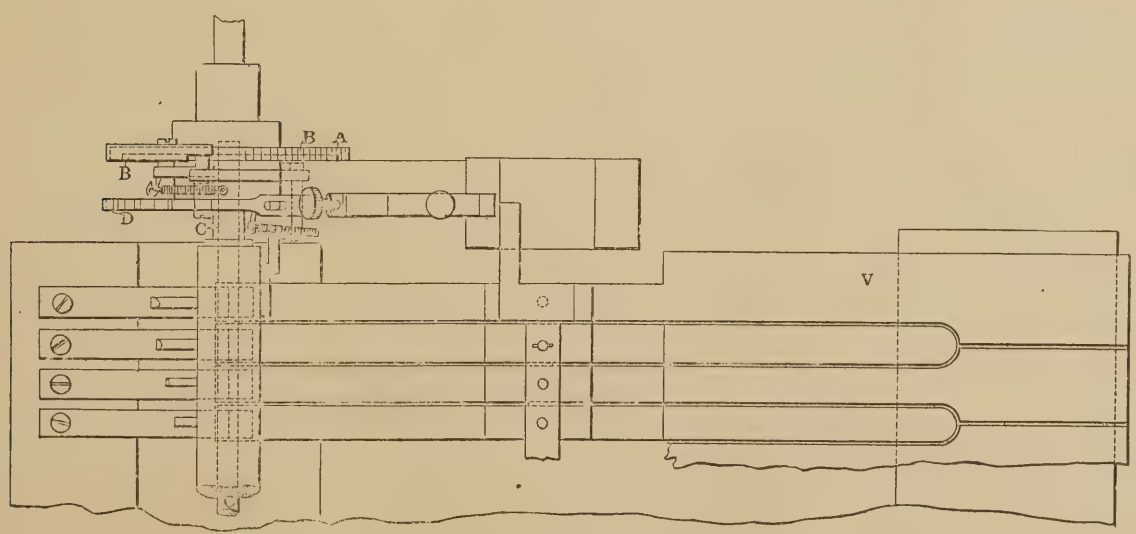


Fig. ..

ressort N'. La saillie N pénètre de la sorte dans l'un des intervalles des lames F', et lorsqu'une de ces lames, en tournant avec le cylindre, entre en contact avec cette saillie, le cylindre s'arrête aussitôt. Cependant, la roue D continue à tourner pendant un instant et amène le goujon que porte

le bras F^2 d'une extrémité à l'autre de l'ouverture pratiquée dans la roue D, distendant ainsi le ressort G et obligeant le bras H à soulever le cliquet K. La roue de contact D, ainsi que l'axe C et le disque B restent stationnaires, bien que la roue à rochet A continue à tourner sous l'action du moteur. Lorsque la touche est abandonnée, le cylindre F se remet immédiatement en marche sous l'action du ressort G. Le disque B, la roue D et l'axe C étant alors libres, tournent de nouveau par l'effet du frottement exercé sur la surface du disque B. Par suite du mouvement plus rapide du cylindre F, résultant de l'action du ressort G, le cliquet K s'engage de nouveau dans les dents de la roue à rochet A, et le cylindre F reçoit alors une nouvelle impulsion.

Cette disposition a pour objet d'empêcher les chocs lors de l'arrêt et de la mise en marche. Le cylindre F et la roue D n'étant pas solidaires, s'arrêtent séparément avec une vibration moindre que s'ils devaient s'arrêter simultanément. La roue D également se met graduellement en marche sous l'action du frottement pendant le temps que le ressort G met à obliger le cylindre à entraîner la roue, et ce n'est qu'alors que le cliquet tombe et relie directemsnt la roue avec le moteur. Le frottement entre A et B et la tension du ressort G sont l'un et l'autre susceptibles d'être réglés. Si le cliquet devait s'engager dans les dents tandis que la roue est au repos, la vibration qui en résulterait pourrait occasionner un contact imparfait de la première dent qui viendrait se présenter sous les ressorts de contact E' E^2.

L'usage de ces derniers pour fermer alternativement le circuit et pour opérer avec une roue n'ayant que moitié autant de dents qu'il y a de contacts pendant une révolution complète, tend à assurer ces contacts pendant un fonctionnement rapide, attendu que chaque ressort jouit d'un temps de repos après avoir quitté la dent de la roue. Les appuis E sur lesquels retombent les ressorts, ont aussi pour effet d'amortir les vibrations.

La figure 8 est un diagramme représentant l'ensemble du système de transmission y compris les batteries et les relais.

O représente le moteur électrique qui actionne d'une manière continue la roue à rochet A (fig. 6 et 7). O' est la batterie qui fournit la force motrice. O^2 est un galvanomètre servant à indiquer la force du courant de la batterie. O^3 est une clef destinée à ouvrir le circuit lorsqu'on veut arrêter le moteur.

Comme dans les figures 6 et 7, D représente la roue de contact et E' E^2 les ressorts qui entrent alternativement en contact avee les dents de cette roue.

P est une batterie locale dont le circuit est fermé lorsque l'un ou l'autre des ressorts E' E^2 est en contact avec la roue D. Le point C indique l'axe de la roue D ou un ressort portant constamment sur cet axe et en communication électrique permanente avec lui et avec la roue D. Q Q représentent les condensateurs et R' R^2 et R^3 de petits relais à travers les bobines desquels passe le courant de la batterie P, lorsque le circuit est fermé. Un des relais R' R^2 R^3 est en communication avec chaque ligne télégraphique séparée. Dans le diagramme, nous avons supposé deux de ces lignes en activité correspondant aux relais 1 et 2. Les condensateurs Q Q sont employés comme *shunts* de ces relais, pour recevoir la décharge des bobines lorsque le circuit de batterie est ouvert. S S représentent les batteries de ligne et T T les récepteurs imprimeurs en série avec les lignes 1 et 2. Une des touches du transmetteur est représentée en V. Lorsqu'elle est abaissée, elle arrête le cylindre F au point de départ. W est un commutateur, qui, étant tourné à gauche maintient la touche V abaissée et le circuit de la batterie P ouvert.

Supposons maintenant la roue D en contact avec le ressort E', le courant de la batterie locale P parcourra le trajet suivant : de l'axe C il se dirige, en passant par la roue D et le ressort E', au bloc X^3 ; de là, à travers les bobines de la batterie P, au bloc X', à la manivelle W et à la plaque métallique sur laquelle elle porte. Celle-ci est reliée avec C qui est le point à partir duquel nous avons commencé à suivre le circuit.

L'axe C continuant son mouvement de rotation, le ressort E' est remplacé par le ressort E^2. Le courant passe alors par C, puis par le disque D, le ressort E^2, le bloc X^2, les relais de la série horizontale R', la batterie P, d'où il revient à C. De cette façon la rotation continue de l'axe C établit et interrompt alternativement le circuit de la batterie P, et les courants passent alternativement par les bobines des séries horizontales de relais R' R^2.

Si, en abaissant une touche, on arrête l'axe C, tandis que l'un des ressort E' ou E^2 est en con-

tact avec la roue D, le courant de la batterie continue à passer par les relais qui correspondent au ressort en contact, et cela dure aussi longtemps que la roue D est maintenue stationnaire par la touche. Si en même temps la touche V est également abaissée, cela fait entrer dans le circuit les relais R^3 Le circuit fermé par l'abaissement de la touche V se dirige de la batterie P au bloc X', à la manivelle W, au bloc W', au bras V' (qui est alors en contact avec W'), au bloc X^4, aux relais de la série horizontale R^3, et revient enfin à la batterie.

Le circuit de la ligne principale numéro 1 se dirige du point E (communication par la terre), en

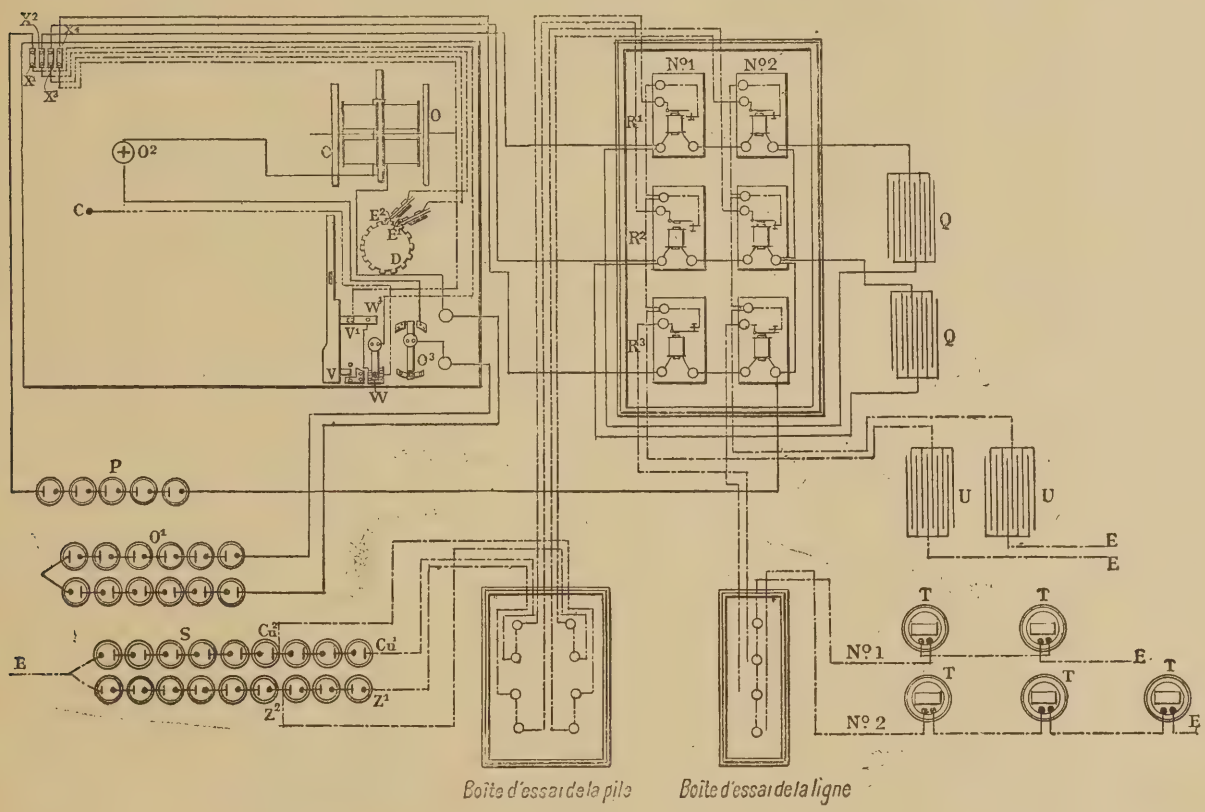


Fig. 8.

passant par les bobines des récepteurs T T, et par la boîte de contrôle de la ligne vers le levier d'armarture R^3 dans la série verticale n° 1 correspondant à ce circuit. Cette armature étant contre son arrêt, le circuit se prolonge à travers ce dernier jusqu'aux arrêts de contact des relais R' R^2 de la même série verticale. Si ni l'une ni l'autre de ces armatures n'est contre son arrêt (ce qui arrive lorsque aucun des ressorts E E^2 ne repose sur la roue D) le circuit est ouvert. Mais si nous supposons E^2 en contact avec la roue, le courant de la batterie locale P traverse alors les relais R', et leurs armatures sont dans ce cas contre les arrêts. Le circuit principal se prolonge alors par le levier d'armature, puis il passe par la boîte de contrôle de la batterie, de là à la batterie en C *u'* pour revenir par la terre en E, à gauche du diagramme, à son point de départ.

Si au lieu du Relais R', l'armature du relais R^2 avait été mise sur son arrêt, le circuit aurait passé de l'armature du relais R^2 à la boîte de contrôle de la batterie, puis à la batterie S en Z' et serait revenu par la terre à son point de départ. De cette façon, le circuit de ligne est complété dans chaque cas par la batterie principale; mais une fois il passe par le pôle zinc et l'autre fois par le pôle cuivre.

Le circuit n° 2 peut être tracé d'une manière semblable, mais il rejoint la batterie en C u^2 et Z^2.

Dans les récepteurs T T des courants alternatifs provenant de la rotation continue de D, font tourner la roue du télégraphe imprimeur au moyen d'un moteur à électro-aimant. Lorsqu'un arrêt a lieu dans la rotation continue de cette roue, une bande de papier vient s'appuyer contre elle et y reçoit l'impression en encre typographique du caractère qu'elle rencontre à la partie inférieure de la roue. Ce résultat s'obtient par un mécanisme que nous décrirons avec plus de détails lorsque nous aurons à parler de cet instrument. La roue des types fait une révolution complète pour chaque révolution de D, et elle avance d'un cran à chaque changement de polarité dans le courant de la ligne. Elle s'arrête en même temps que D par l'action du cylindre et des touches du transmetteur.

Nous avons vu que lorsque la touche V est abaissée, les relais de la ligne R^3 éloignent leurs armatures des arrêts de contact. Donc si le circuit de la batterie de ligne est fermé en maintenant D stationnaire par l'abaissement d'une touche, l'abaissement de la touche V ouvre le circuit de la batterie de ligne, qui se referme aussitôt que l'on abandonne cette touche, ce qui a pour résultat de donner une impulsion nouvelle au courant de la ligne. Mais cette impulsion étant de même polarité que la précédente, la roue à caractères n'avance pas pour cela d'un pas. Toutefois cette impulsion répétée agit sur le mécanisme imprimeur et soulève le papier de nouveau contre la partie inférieure de la roue. De cette façon la même lettre peut être répétée, tandis que le papier continue à avancer de la valeur d'une lettre. De même si l'on abaisse la touche V en même temps qu'une autre touche correspondant à une espace de la roue à caractères, on obtient l'espacement nécessaire à la fin d'une dépêche, et le papier avance de plusieurs crans.

Dans une prochaine lettre, nous espérons pouvoir donner la description du fonctionnement de l'appareil imprimeur perfectionné de M. Higgins.

J. Munro.

États-Unis

La dynamo de Clark. — Parmi les machines qui figurent à l'Exposition de l'*American Institute*, à New-York, la dynamo Clark attire beaucoup l'attention par sa construction originale.

Dans la forme ordinaire et bien connue de la machine Gramme, la partie du fil, sur l'armature, à l'intérieur de l'anneau, n'est pas sous l'influence directe du champ magnétique, et c'est en vue de remédier à cet inconvénient que M. Clark a combiné la machine dont la figure 1 donne une vue d'ensemble. La figure 2 montre la construction des inducteurs, tandis que l'armature est représentée à part sur la figure 3.

Comme on le voit, le champ magnétique de la machine est formé par des pôles conséquents disposés de telle sorte que les pièces polaires intérieures sont spécialement aimantées par les inducteurs courts, les pièces polaires extérieures étant aimantées par les électros longs. M. Clark a cependant constaté que cette construction ne suffisait pas à elle seule pour aimanter les pièces polaires intérieures aussi fortement que celles extérieures, et, pour empêcher une action inégale, il a ajouté deux électros auxiliaires qui relient les pièces polaires intérieures et qui sont excités par le même courant que les autres. On obtient ainsi une action uniforme.

Le relais téléphonique ou répétiteur de Farmer. — M. Moses G. Farmer, l'électricien bien connu, a, dernièrement, inventé et breveté une disposition absolument originale pour la répétition des dépêches téléphoniques, qui peut, en même temps, servir de relais. L'appareil est représenté sur les figures 4 et 5. La partie électromagnétique ou principale de l'appareil se compose de deux hélices concentriques dont chacune peut être divisée en un certain nombre de sections ou de bobines indépendantes.

L'hélice intérieure contient un noyau fixe en fer doux, composé d'un certain nombre de sections tubulaires séparées ou magnétiquement isolées. A l'intérieur de ces sections se trouvent des armatures qui sont toutes attachées à une tige ou à un tube relié à des contacts, ou bien disposées, par tout autre moyen, de façon à transmettre les mouvements ou vibrations à l'un ou à plusieurs des contacts. Sur la figure 5, A et B représentent deux pièces circulaires en matière isolante, rendus solidaires par la tige C. Entre elles se trouvent les bobines renfermant les hélices; la bobine intérieure D est en fil relativement gros, avec un petit nombre de spires, tandis que l'autre bobine E est en fil plus fin, avec un grand nombre de spires. La bobine E entoure la bobine D et se compose, ainsi que le montre la figure,

d'un certain nombre de sections reliées ensemble.

La bobine D contient un noyau fixe, tubulaire et composé de plusieurs sections en fer doux F F. Ces sections sont épaulées à chaque extrémité et maintenues séparées par des anneaux en laiton *f*, qui complètent le noyau et sont maintenus ensemble par les pièces A B.

A l'intérieur de ce noyau tubulaire se trouve une série d'armatures G, montées sur un tube léger en laiton H. Ces armatures sont de petits tubes en fer doux munis de rebords *g*, de manière à présenter une plus grande masse de fer aux extrémités supérieures. Ils s'emboîtent dans les sections F et sont séparés deux à deux par des anneaux en laiton *g*. Les armatures sont solidaires du tube H et emprisonnées par les sections F du noyau, de telle sorte que les rebords correspondent aux intervalles entre les sections F et peuvent pendre un mouvement qui permettra au tube H de se déplacer, à travers le noyau, parallèlement à l'axe, sur une longueur limitée.

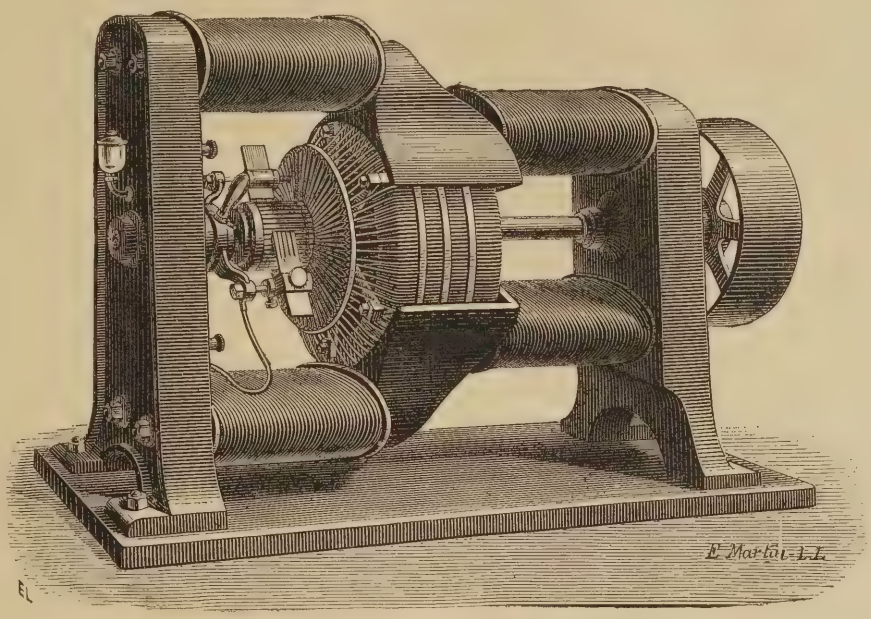
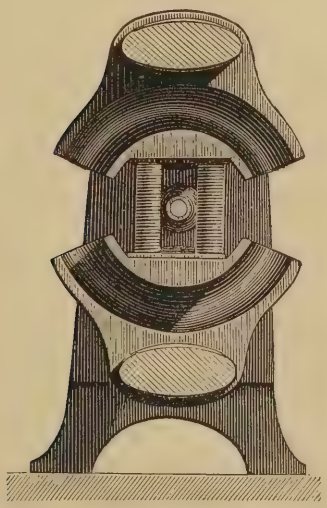
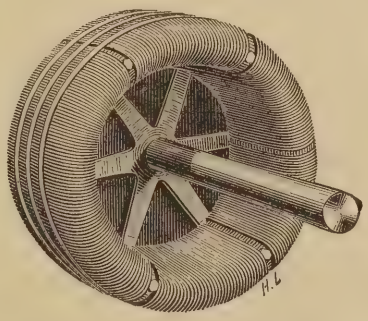


Fig. 1.

L'extrémité supérieure du tube H est attachée à une lame de mica I, fixée à la surface supérieure de la pièce A, au-dessus d'un trou pratiqué au centre de cette dernière. Son extrémité inférieure passe en bas, à travers la pièce B, où elle est maintenue en place par deux lames minces





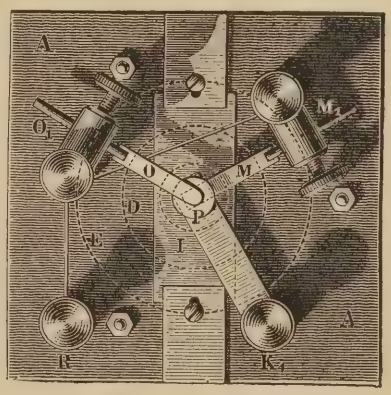


Fig. 2, 3 et 4.

et flexibles en métal N. Un godet métallique K, renfermant un bouton de charbon *i*, est attaché à l'extrémité supérieure du tube H, ou bien à la lame de mica I. Sur ce godet repose une électrode métallique ou un contact L, formé d'une petite aiguille en platine qui traverse le bout d'une lame métallique mince M, sur laquelle repose un deuxième bouton de charbon P, fixé à la lame métallique O. Le godet K est en communication électrique avec une borne K', et les lames M, O

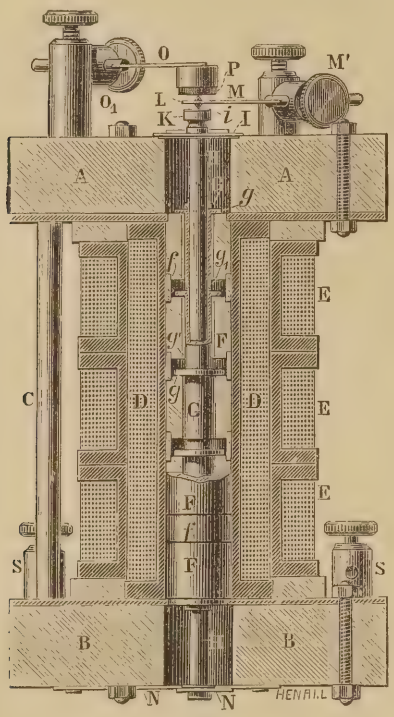


Fig. 5.

sont supportées par les pinces M', O', reliées électriquement ensemble et avec la borne R (fig. 4). D'autres bornes S S sont placées au bas de l'instrument, deux pour les bobines intérieures et deux pour les bobines extérieures. Avant de se servir de l'appareil, on règle le contact intermédiaire L de manière à le faire appuyer légèrement sur le contact inférieur *i*, et le contact supérieur est réglé de manière à toucher très légèrement le contact L. Pendant le fonctionnement, la bobine D est reliée à une petite pile qui fournit assez de courant pour aimanter les noyaux. Les bobines extérieures E sont placées dans le circuit primaire ou indépendant, et la première partie du circuit secondaire qui, dans la pratique, est le circuit primaire d'une bobine d'induction, passe par les contacts, car elle est reliée aux pièces K R.

Le passage du courant à travers la bobine D a pour effet d'aimanter aussi bien les sections F du noyau fixe que les armatures qu'elles renferment, et de donner, par suite de leurs positions relatives, la même polarité à leurs extrémités correspondantes. L'extrémité supérieure de chacun des noyaux mobiles ou armatures étant plus large que celle en dessous, est attirée par le noyau au-dessus et repoussée par celui qui l'entoure.

Un compensateur automatique pour les électros. — Les changements de température des bobines

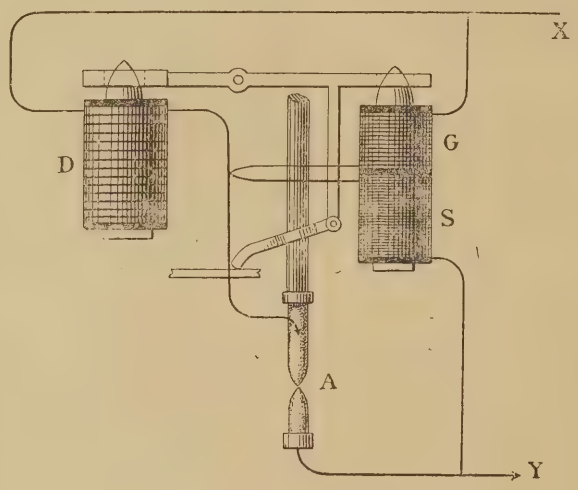


Fig. 6.

de cuivre, dans les lampes électriques à arc, constituent souvent une source de dérangements pendant l'éclairage. Ces changements ont lieu aussi bien pendant le fonctionnement et par suite de l'échauffement produit par le passage du courant électrique dans les bobines, que par des changements de la température de l'atmosphère. Il en résulte un changement de résistance dans les bobines des électros et, puisqu'il existe, dans les lampes différentielles et dans toutes celles qui dépendent d'un électro en dérivation, un équilibre délicat entre les forces de l'électro ou le dispositif qui sépare les charbons et celles de l'électro dans le circuit dérivé, cet équilibre se trouve détruit par un changement de température et demande à être réglé de nouveau après le passage du courant ou après un changement de la température de l'atmosphère.

Pour remédier à cet inconvénient, le professeur

Elihu Thomson a imaginé une méthode de compensation au moyen de laquelle l'action de l'électro régulateur est maintenue constante, malgré les changements de température.

La figure 6 représente un des procédés employés pour réaliser cette méthode.

Les bobines D et S sont disposées de manière à agir dans des sens contraires de la façon bien connue pour régler l'arc en A; c'est D qui sépare et S qui rapproche les charbons. Une bobine en maillechort G est en dérivation autour de la bobine en cuivre D et agit au point de vue magnétique dans le même sens que S.

Voici comment fonctionne l'appareil : la bobine D étant traversée par le courant direct, tend à séparer les charbons jusqu'au moment où elle est arrêtée par l'effet contraire de S, la bobine du circuit dérivé; mais, si les deux bobines s'échauffent d'une façon identique, l'énergie de S diminue, parce qu'elle est parcourue par un courant relativement plus faible qu'avant. L'effet de G augmentant et venant en aide à S, ceci donne lieu à une certaine compensation. Le courant qui traverse G augmente en effet par suite de la plus grande résistance de D, provoquée par l'élévation de la température. L'effet de D est ainsi diminué, et celui de G, ou en réalité celui de S, est augmenté. La valeur de cette compensation est réglée par les résistances relatives des organes et par les nombres de spires. Si la résistance à froid de G est la même que celle de D, et si cette dernière a trois fois et demie de spires, plus que G_1 alors on obtiendra une compensation pratique avec du fil de cuivre et du fil de maillechort.

J. Wetzler

VARIÉTÉS

SUR LA COMMUNICATION TÉLÉGRAPHIQUE AVEC LES TRAINS EN MARCHE

Le système de communications télégraphiques avec les trains en marche inventé par M. L. J. Phelps et qui a déjà été décrit dans *La Lumière Électrique*, va prochainement fonctionner sur un parcours de 100 milles du chemin de fer de Lehigh Valley aux Etats-Unis. L'entreprise est d'autant plus intéressante que la ligne fonctionnera en duplex et servira non seulement pour la correspondance avec les trains en marche, mais aussi pour la transmission des dépêches ordinaires avec le système Morse.

Rappelons d'abord qu'un conducteur est disposé parallèlement aux rails et qu'en abaissant une clef à la station, on envoie des courants vibratoires dans ce conducteur. Sur la voiture se trouve une bobine en circuit avec un téléphone; les courants induits dans cette bobine s'entendent dans le téléphone, et peuvent, au moyen d'un relais délicat et d'un parleur local, servir à reproduire les signaux morse ordinaires. Le système duplex est disposé de sorte que les courants envoyés dans la ligne par les clefs Morse ordinaires n'ont aucune influence sur les appareils dans la voiture, tandis que les courants vibratoires sont sans influence sur les relais Morse.

La figure donne le schéma de l'installation : B et D sont deux stations munies des appareils Morse ordinaires reliés à la ligne, comme d'habitude. Sur la voiture E, se trouvent le téléphone T, la pile L B, la clef K, et un vibrateur V qui produit au moyen de la pile locale L B des vibrations dans le circuit local de la voiture. Les vibrations dont la durée est réglée par la clef K sont transmises par induction à la ligne et reçues dans un téléphone T, à la station A.

Les appareils Morse, aux stations B et D, se composent des transmetteurs ordinaires K et des récepteurs R. Ces appareils sont shuntés par le condensateur C, qui sert à compléter le circuit pour les signaux vibratoires sur la ligne, quand celle-ci est interrompue par la manœuvre du transmetteur K. Le condensateur C sert également à empêcher les dérangements dans le téléphone qui pourraient se produire, par suite des changements brusques de tensions sur le circuit de ligne L que produirait la manipulation de la clef aux stations B et D. Son action sert sous ce rapport à diminuer graduellement la tension dans le circuit, quand la clef K est ouverte, et à permettre une augmentation graduelle, quand la clef est fermée. On empêche ainsi les changements brusques de tension qui sont nécessaires à la production de courants induits.

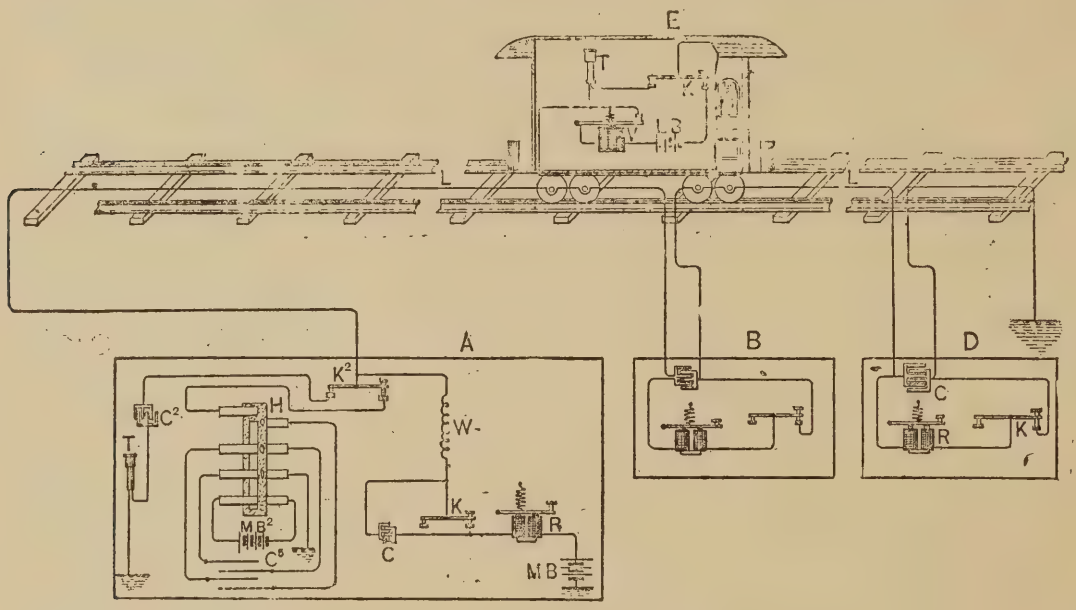
A la station A, se trouve une pile principale M B qui fournit le courant pour le circuit de ligne fermé L et pour les appareils télégraphiques. La clef qui règle l'émission des signaux vibratoires envoyés de la station A à la voiture, est répré-

sentée en K^2. Le contact d'arrière de cette clef est relié à la terre à travers le condensateur C^2 et un récepteur T pour les signaux vibratoires émis de la voiture. Le récepteur T est un récepteur téléphonique ordinaire.

L'abaissement de la clef K^2 ferme le contact relié à l'appareil qui produit les courants vibratoires. Afin de forcer ces courants à traverser la ligne, on intercale une résistance W entre la communication normale de la ligne L à la terre et le point d'attache de la branche qui va à la clef K^2.

L'appareil pour l'émission des courants vibratoires, dont la durée est réglée par la clef K^2, se compose d'une pile $M B^2$, d'un condensateur C^5 chargé par le courant de la pile, et d'un commutateur H qui sert à relier rapidement le condensateur d'abord à la pile $M B^2$, et ensuite au contact de travail du transmetteur, c'est-à-dire à la ligne L, au cas où la clef serait abaissée.

Le commutateur H est construit de telle sorte que le condensateur C^5 est chargé en quantité par la pile $M B^2$ et déchargé en série à travers la clef et dans la ligne, quand la clef est fermée. Un mouvement rapide du commutateur enverra une série de décharges dans la ligne pendant chaque fermeture de la clef et donnera par induction, dans



le récepteur placé sur la voiture, un son musical.

Il est maintenant facile de comprendre le fonctionnement du système. Les contacts de repos de la clef K^2 mettent le condensateur et le commutateur hors circuit, tandis que le récepteur téléphonique T à la station A est en dérivation sur la ligne par le contact d'arrière de la clef. Les appareils aux stations B et D peuvent être employés à tout instant pour la transmission de dépêches sur le circuit formé par la terre à l'extrémité de droite, la ligne, la résistance W, la pile M B et la terre à la station A. Quand le circuit de ligne est fermé à travers les appareils télégraphiques des stations B et D, les signaux vibratoires émis sur la ligne soit par la manipulation de la clef K^2, soit par induction du circuit de la voiture sur le fil central, trouvent un circuit fermé. Si le circuit est ouvert en B ou en D par suite de l'ouverture d'un transmetteur K, le condensateur C de la station qui télégraphie maintient fermé le circuit des signaux vibratoires. Quand la clef K^2, à la station A est sur son butoir de repos, le condensateur C^2 empêche la pile M B d'être fermée en court circuit sur la terre; lorsque la clef K^2 est abaissée, le condensateur C^5 remplit le même office.

Pour envoyer des dépêches de la station A au train, on se sert de la clef K^2 de la manière ordinaire; à chaque fermeture, elle envoie sur la ligne L une série de vibrations, le condensateur C^5 à la station A étant chargé et déchargé avec une rapidité correspondante à ces vibrations. La résistance W empêche ces vibrations de se fermer en court circuit sur la terre en A.

Ch. Ménabréa

FAITS DIVERS

Le ministre des Postes et Télégraphes vient de nommer M. de Nerville comme directeur du nouveau laboratoire central d'électricité. Rien n'est encore décidé au sujet de l'organisation de ce nouvel établissement ; une commission va l'étudier, mais très probablement il sera surtout un lieu de vérification et d'étalonnement d'appareils de mesures et d'examen pour certaines questions électriques.

Le tracé du chemin de fer électrique à Budapest, vient d'être définitivemeni adopté et les travaux vont commencer immédiatement. La construction sera faite par la maison Siemens et Halske de Vienne.

Éclairage électrique

La lumière électrique vient d'être installée dans les *Magasins Généraux* de la Villette. Outre la facilité du service et l'économie de l'éclairage journalier la Compagnie y trouve un grand avantage par suite de la réduction des primes à payer aux assurances.

La municipalité de Saint-Hilaire-du-Harconet, petit chef-lieu du canton de la Manche, de 3,900 habitants, vient d'accorder une concession de 50 ans à M. E. Lamy, pour l'installation d'une usine centrale de lumière électrique.

Les actionnaires des sociétés de lumière électrique ayant pour but l'exploitation des brevets Edison en France sont convoqués en assemblée générale en vue de délibérer sur un projet de fusion. Ces sociétés sont : la *Cie Continentale Edison*, la *Société Electrique* et la *Société Industrielle et Commerciale Edison*.

Il vient de se former à Angers une société civile d'études de distribution de l'électricité qui poursuit la constitution d'une compagnie spéciale pour l'exploitation d'une usine centrale.

Les conditions principales de la police d'abonnement présentée aux habitants d'Angers sont les suivantes :

L'installation des appareils électriques est à la charge de la Société ; il en est de même de l'adaption des appareils à gaz existants, mais la fourniture de lustres, appliques, etc., doit être payée par l'abonné. Le matériel proprement dit reste la propriété de la Société.

La Société doit pourvoir gratuitement à l'entretien du matériel électrique et au remplacement des lampes usées. L'abonné a à supporter les frais des détériorations anormales provenant de son fait, telles que rupture des fils, lampes brisées, etc.

L'abonnement est fait pour une durée de cinq années.

L'abonné paye, pour la location et l'entretien du matériel électrique, une somme de un franc par mois et par lampe installée. En outre, l'éclairage est tarifé par heure de la manière suivante :

4 centimes pour une lampe à incandescence de 10 bougies ;

7 centimes pour une lampe à incandescence de 16 bougies.

Les prix des lampes à arc et des lampes à incandescence d'une intensité lumineuse autre que 10 ou 16 bougies sont établies d'accord entre l'abonné et la Compagnie.

On étudie en ce moment, la construction de deux usines centrales de lumière électrique d'une certaine importance, l'une à Reims, l'autre à Angers, installées d'après le système Edison. Il est aussi question d'appliquer le système Gaulard et Gibbs, à Reims.

Le ministère du commerce en Autriche, vient d'accorder une concession provisotre de six mois à la maison Siemens et Halske, pour la construction d'un chemin de fer électrique entre la gare du chemin de fer de Salzbourg a Lend, et Wildbad-Gastein. Les concessionnaires prolongeront ultérieurement la voix jusqu'à Bockstein.

L'éclairage électrique est maintenant installé dans 15 établissements à Bielitz-Biela et comprend environ 1694 lampes à incandescence et 40 foyers à arc. Sur ce nombre 1491 lampes à incandescence et 33 foyers à arc ont été installés par la maison Gulcher et le reste par MM. Siemens et Halske et Kremenetzky. La force motrice employée est de 200 chevaux.

Depuis le 9 novembre dernier, la petite ville de Scheibbs, dans la Basse-Autriche est éclairée avec des foyers à arc, qui fonctionnent parfaitement bien.

Une heureuse application de l'électricité à l'éclairage des ateliers de lapidaires a été exécutée à Anvers, afin d'augmenter la durée des heures de travail pendant l'hiver, le gaz ne donnant pas une lumière assez fixe et fatiguant beaucoup la vue.

L'installation de M. Leytens comprend 100 lampes à incandescence de 16 bougies, alimentées par une machine dynamo du système Gulcher. Elle donne d'excellents résultats et les ouvriers se montrent très satisfaits de leur nouvel éclairage. Les lampes ont été munies d'abat-jour réflecteurs qui projettent la lumière sur les plateaux des lapidaires; elles sont suspendues par un système de crochets doubles qui permet de les reculer pendant le jour contre les boîtes et de les ramener le soir au-dessus des plateaux. Les tables des sertisseurs sont éclairées d'une façon analogue, mais les abat-jour sont plats et les lampes se trouvent protégées par des globes épais en verre.

Il est probable que l'exemple de M. Leytens sera suivi par les propriétaires des autres ateliers pour la taille des diamants, qui, comme on le sait, n'entreprennent pas cette taille à leur compte, mais louent simplement aux ouvriers lapidaires l'emplacement, la force motrice et l'éclairage dont ceux-ci ont besoin.

Le directeur du théâtre del Liceo, à Barcelone, vient de faire remplacer le lustre à gaz par six foyers Gramme, qui donnent beaucoup plus de lumière sans vicier l'atmosphère.

La *Sociedad electro-dinamica Corsi, Mari y Cie*, de Valence, en Espagne, vient de publier une intéressante brochure sur un projet d'installation d'usine centrale d'électricité qui serait établie à Chulillas, près Valence, et utiliserait comme force motrice les eaux de la rivière Turia.

D'après ce projet, on prendrait la force hydraulique dans le lit de la rivière à sa sortie du défilé des *Cinglos* en construisant une digue de 112 mètres de longueur, et de 3 mètres de hauteur au-dessus du niveau ordinaire des eaux ; les prises d'eau seraient établies dans la digue. Les eaux seraient amenées à Chulillas par un canal, ouvert dans la roche sur 476,78 mètres de son parcours et un tunnel sur 1762,52 mètres. Ce canal aurait une profondeur suffisante pour permettre la descente des bois en radeau. La force motrice serait produite à l'usine par des turbines actionnant des dynamos génératrices. L'énergie ainsi produite serait transportée électriquement et utilisée à Valence pour l'éclairage et une distribution de force motrice. La ligne électrique reliant Chulillas à Valence aurait 56 kilomètres de longueur.

Dans une seconde brochure, la société, à qui la concession a été accordée par le gouvernement espagnol, donne tous les chiffres et tous les détails relatifs à l'exploitation de la station projetée.

L'énergie disponible à Chulillas serait d'après les chiffres donnés de 2933 chevaux effectifs. La transformation en énergie électrique entraînerait une perte évaluée à 27,75 pour cent ce qui donnerait aux bornes des génératrices 2119 chevaux. En déduisant de ce chiffre le travail absorbé par la ligne (10 o/o) et par les réceptrices (23,50), on aurait à Valence 1459 chevaux disponibles.

L'auteur du projet établit par des calculs que les 1459 chevaux transportés électriquement à Valence, produiraient, par jour, une somme de 4889 francs, tandis que les frais journaliers d'exploitation, n'atteindraient que 1231 francs, soit un bénéfice de 3658 francs.

La Compagnie Romaine du gaz a pris l'initiative d'établir à Rome une usine centrale de lumière électrique qui doit fournir l'éclairage aux bâtiments suivants :

	Lampes à incandescence
Chambre des députés	1800
Théâtre Argentina	2000
Théâtre Paise	300
Théâtre National	400
Palais du Quirinal	800
Ministère de l'Intérieur	180

Aussi a-t-on prévu une usine capable d'alimenter 18,000 lampes à incandescence, dont 600 sont déjà, dit-on, en service.

C'est à l'usine à gaz même, dans le Circo Massimo, que s'organise la station centrale. Elle comprendra, une fois terminée :

Quatre grandes machines à courants alternatifs, dont une de rechange, chacune pouvant alimenter 4,000 lampes à incandescence de 16 bougies, en tournant à la vitesse de 125 tours par minute.

Deux machines de moindres dimensions à courants alternatifs, pouvant alimenter chacune 1,000 lampes à incandescence de 16 bougies.

Trois dynamos chargées spécialement d'entretenir le champ magnétique des grandes machines, les petites machines étant auto-excitatrices.

Chacune des grandes mrchines est commandée directement par un moteur d'une puissance de 600 chevaux : les électro-aimants sont disposés comme dans certains types, Gordon, par exemple, de manière à former volant. Chacune des petites machines a son moteur de 150 chevaux. On peut ainsi mettre en marche une ou plusieurs machines suivant les besoins de la consommation ; pendant la journée, il suffira d'une ou de deux petites machines, tandis que deux ou trois grandes fonctionneront de la chute du jour jusqu'à minuit.

La force électromotrice du courant est de 1,950 volts ; mais en raison de la résistance des conducteurs, elle est réduite à 1,750 volts en arrivant aux transformateurs, dans le cas du travail maximum. Pour des courants moindres, la perte diminue, et l'on maintient alors la force électromotrice un peu au-dessous de 1,950 volts à la station centrale. En tout cas, les dispositions sont prises

pour avoir 1,750 volts dans le réseau de distribution auquel sont rattachés les transformateurs.

Afin d'arriver autant que possible à ce résultat, la canalisation comporte trois conduites principales ou feeders, qui peuvent être mises en communication, au moyen de clefs, avec l'une quelconque des six machines à courants alternatifs. Les conducteurs de distribution sont branchés sur les feeders.

L'installation de l'usine paraît avoir été étudiée avec un soin extrême, en vue de permettre le contrôle des appareils et de réaliser la distribution du courant dans les meilleures conditions.

On annonce que la *Maxim Weston Electric Cie*, de Londres, a été chargée d'installer la lumière électrique au théâtre de San-Carlo, à Naples.

Les travaux pour l'installation de la lumière électrique, dans la gare de Chiasso, en Suisse, viennent d'être commencés et doivent être terminés vers le milieu du mois de janvier. C'est la maison Stirneman et Cie, de Zurich, qui a été chargée de l'installation.

La petite ville de Davos en Suisse, va prochainement être éclairée à l'électricité au moyen de 15 foyers à arc de 1,000 bougies chacune. L'éclairage électrique de la ville de Fribourg fonctionnera bientôt, et à partir du 1er janvier la communication téléphonique entre Zurich et Aaran sera ouverte au public.

La ville de Tavistock en Angleterre, ayant été éclairée pendant quelque temps, avec la lumière électrique, à titre d'expérience, les principaux habitants ont organisé une réunion pendant laquelle il a été décidé d'adopter le nouvel éclairage à titre définitif.

MM. Tasker et fils, ingénieurs-électriciens de Sheffield, viennent d'établir une usine centrale de lumière électrique dans cette ville.

La municipalité de Leamington, en Angleterre, vient d'accepter l'offre d'une entreprise d'éclairage électrique de Glasgow pour l'établissement de la lumière électrique à incandescence dans la ville. Le prix convenu est de 20 à 30 pour cent supérieur à celui du gaz.

MM. Hick, Hargreaves et Cie de Bolton, en Angleterre, viennent de construire, pour une maison de Londres, une dynamo Ferranti, destinée à alimenter 5000 lampes à incandescence. L'induit a 9 pieds de diamètre et les inducteurs pèsent avec la culasse, environ 20 tonnes.

La machine sera actionnée par un moteur Corliss de 500 chevaux.

Le bureau central des Postes à New-York, vient d'être éclairé avec 1000 lampes à incandescence distribuées dans tous les endroits accessibles au public. L'installation a été faite par l'*United Stetes Illuminating C^o*.

Télégraphie et Téléphonie

La communication téléphonique directe entre Berlin et Halle, fonctionne déjà pour la correspondance officielle. Une seule ligne a été établie provisoirement, et comme le nombre des abonnés augmente tous les jours, on ne tardera pas à la livrer au public.

Le *Journal Officiel* du 11 décembre, publie le texte d'une loi portant ouverture au ministère de la marine et des colonies, d'un crédit supplémentaire de 204,000 francs, pour le câble télégraphique sous-marin du Tonkin.

Un nouveau câble va prochainement être placé entre l'Islande et l'Angleterre en partant de Nevin dans le Carnarvonshire, Angleterre. Le steamer télégraphique le *Monarch*, appartenant au département des Postes et Télégraphes va retirer l'ancien câble, pour lui faire subir les réparations nécessaires avant de le replacer à un autre endroit moins exposé.

La *Celtic Magazine* contient une lettre, accompagnée de *fac-simile* des pièces, établissant que le télégraphe électrique fut inventé en 1753 par un Ecossais nommé Charles Morison. En effet le « *Scots Magazine* », publia une lettre de Morison, datée de Renfrew, le 1er février 1753 et intitulée « une méthode expéditive pour transmettre la pensée à l'aide de l'électricité. » Dans cette lettre l'auteur explique son idée qui consiste à établir entre deux stations, une série de fils métalliques en nombre égal à celui des lettres de l'alphabet, à placer une machine électrique à chaque station pour produire le courant et à suspendre au bout de chaque fil une petite boule pendant au-dessus d'une petite fiche en papier portant la lettre de

l'alphabet. La boule étant influencée attire la fiche placée au-dessous et montre au préposé la lettre que désigne la station d'envoi. L'inventeur prévoit même une déperdition de courant à travers les fils nus et conseille de les revêtir d'une couche de « mastic de joaillier », pour les isoler.

Depuis plusieurs années l'établissement d'un câble télégraphique sous-marin, reliant Zanzibar et Maurice à La Réunion est à l'étude, mais les diverses tentatives faites dans ce but, n'ont jusqu'ici, donné aucun résultat. La question vient cependant d'être reprise sur l'initiative du département de la marine et le conseil général de la Colonie a voté une subvention annuelle de 75,000 francs au profit de l'*Eastern Extension Telegraph C°*, de sorte que la Réunion cessera peut-être bientôt d'être isolée du reste du monde.

D'après un article du *New-York Herald*, il n'y a actuellement pas moins de 150 milles de fils particuliers dans la ville de New-York ou y aboutissant. Les deux tiers de ces lignes sont entretenues par la *Western Union Cie*, et beaucoup d'entre elles sont d'une très grande longueur. Plus de vingt, vont jusqu'à Chicago (plus de 1000 milles), tandis que d'autres vont à Boston, Philadelphie et Washington. Le prix de la location annuelle d'une ligne de New-York à Chicago est de 125 à 150,000 francs. Les Compagnies font installer les lignes qu'elles entretiennent en bon état, mais les opérateurs sont payés par le locataire lui-même. Les appareils sont presque tous du système Morse.

D'après M. Weaver, le directeur général de l'*Anglo-American Telegraph C°*, le total du trafic sur les câbles transatlantiques au prix de 6 pence par mot, donne un rendement de 7,500,000 francs par an.

Les travaux d'installation de la ligne téléphonique qui doit relier Paris à Bruxelles ont été interrompus par les mauvais temps de ces derniers jours; on commence à craindre qu'ils ne puissent être terminés pour l'époque désignée c'est-à-dire pour le commencement du mois prochain.

La ligne est construite en bronze, par le gouvernement français, de Paris à Quévy, et par le gouvernement belge de Quévy à Bruxelles. Pendant la période d'essai, elle reliera simplement deux cabines placées dans les palais de la Bourse des deux capitales.

Quant au système de communications adopté, la plupart des journaux annoncent que le gouvernement belge a définitivement renoncé aux appareils van Rysselberghe. Malgré les démentis que l'inventeur adresse à ce sujet à certains de nos confrères, nous persistons à croire à cette solution, qui est la seule pratique.

On parle aussi de l'établissement d'un service téléphonique entre la Belgique et l'Allemagne. Là encore on est loin d'être d'accord sur le principe du mode de transmission, et le gouvernement allemand se refuse jusqu'à présent à appliquer le système préconisé à Bruxelles. Les premiers essais auraient lieu probablement entre Verviers et Cologne.

La communication télégraphique avec la Chine par les lignes de la grande *Cie des Télégraphes du Nord*, vient d'être rétablie après une interruption de quelques jours. Les recettes de la Compagnie pour la période du 1er janvier au 20 novembre dernier, se sont élevées à 5,975,000 francs contre 5,611,000 francs pour la même période de l'année 1885.

La *South of England Telephone Cie*, vient d'ouvrir une communication téléphonique directe entre Northampton et Granville. A Nottingham, la *National Telephone Cie*, vient d'ouvrir un certain nombre de bureaux publics où l'on peut correspondre, au prix de 3 pences par trois minutes.

La ligne téléphonique qui fonctionne depuis quelque temps entre New-York et Philadelphie, se compose de 24 fils gros, en cuivre, mais ce nombre peut-être porté à 70 sur les mêmes poteaux. Tout les 24 fils sont loués actuellement au prix de 1500 francs par mois et la Compagnie a dû refuser plusieurs demandes.

La Cour d'appel de l'Etat de Missouri, vient d'affirmer la validité d'un contrat fait par téléphone. Dans l'opinion des juges l'emploi du téléphone est d'une si grande facilité pour les transactions commerciales que la Cour causerait un préjudice sérieux aux intérêts du public en décidant que les affaires traitées par le téléphone seraient sujettes à une confirmation écrite.

M. Me Donald, un des avocats de la Compagnie Bell dans le procès intenté à la Société par le gouvernement a déclaré qu'il serait impossible, quelle que soit la décision des tribunaux, d'obtenir un jugement définitif par la Cour suprême avant 7 ans. Le brevet tombera dans le domaine public dans six ans, et aucun jugement n'aura un effet rétroactif.

Le Directeur-Gérant : Dr C.-C. SOULAGES.

Imprimerie de LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 8 JANVIER 1887 N° 2

SOMMAIRE. — Lignes équipotentielles et de flux dans un conducteur plan anisotrope ; B. Elie. — Théorie graphique des dynamos à courants continus ; R.-V. Picou. — Etude sur l'origine de l'électricité de l'atmosphère et sur les grands phénomènes électriques de l'atmosphère ; Firmin Larroque. — Prédétermination des caractéristiques des machines dynamo-électriques ; G. Kapp. — Revue des travaux récents en électricité : Mesure des températures par les variations de résistance, par R.-H. Callendar. — Résultats pratiques des essais de machines dynamos faits à l'Institut de Franklin, par Carl Hering. — La résistance et la self-induction des conducteurs composés, par lord Rayleigh. — Correspondances spéciales de l'étranger : États-Unis ; J. Wetzler. — Faits divers.

LIGNES ÉQUIPOTENTIELLES ET DE FLUX DANS UN CONDUCTEUR PLAN ANISOTROPE

1. — Les électriciens semblent encore indécis pour expliquer, d'une façon rationnelle et concordant avec les autres données de la science, les déviations qu'un champ magnétique uniforme produit dans un conducteur immobile et parcouru par des courants permanents. Le phénomène découvert par Hall a été étudié entre autres par M. Righi en Italie et par M. Leduc en France, et ce dernier, grâce à des expériences très bien conduites, a pu isoler très nettement les perturbations dues à la chaleur et évaluer les déviations en fractions de l'intensité du champ et de la température. Or, d'après ces expérimentateurs, la cause du phénomène devrait être cherchée dans une modification de l'isotropie de la substance.

Il m'a paru intéressant, soit en vue de ce fait, soit en vue d'autres que les recherches si délicates des électriciens ne manqueront pas de susciter, de rechercher les formes des surfaces équipotentielles d'un milieu anisotrope, en me bornant à quelques cas particuliers.

2. — Je m'appuierai, pour arriver à la solution du problème, sur le principe suivant, indiqué par Maxwell, principe probable *a priori*, mais dont la démonstration expérimentale semble encore à faire. Si V est le potentiel en un point d'un milieu conducteur et, par conséquent, si $\frac{dV}{dx}, \frac{dV}{dy}, \frac{dV}{dz}$ sont les composantes parallèles à trois axes rectangles de la force électromotrice en ce point de coordonnées x, y, z ; les composantes u, v, w du courant élémentaire, en ce point, sont des fonctions linéaires de celles de la force électromotrice ; de telle sorte que l'on a :

$$u = r_1 \frac{dV}{dx} + p_3 \frac{dV}{dy} + q_2 \frac{dV}{dz}$$

$$v = q_3 \frac{dV}{dx} + r_2 \frac{dV}{dy} + p_1 \frac{dV}{dz}$$

$$w = p_2 \frac{dV}{dx} + q_1 \frac{dV}{dy} + r_3 \frac{dV}{dz}$$

Les r, p, q sont les coefficients de conductibilité [1], assujettis aux conditions

$$4 r_2 r_3 > (p_1 + q_1)^2, \; 4 r_3 r_1 > (p_2 + q_2)^2, \; 4 r_1 r_2 > (p_3 + q_3)$$

[1] Voir MAXWELL, *Traité d'Électricité*, ch. IX, t. I.

La substitution de u, v, w dans l'équation de continuité, laquelle s'écrit :

$$\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} = f(xy) \quad \text{ou} \quad 0$$

suivant que le point considéré est le siège d'une source d'électricité ou non, fournit une équation différentielle dont se déduit, comme on le sait, une valeur unique de V en tout point de l'espace.

3. — Considérons un conducteur plan à deux dimensions, ce qui réduit les équations de Maxwell aux suivantes :

$$u = a\frac{dV}{dx} + c_2\frac{dV}{dy} \qquad v = c_1\frac{dV}{dx} + b\frac{dV}{dy}$$

$$a\frac{d^2V}{dx^2} + (c_1 + c_2)\frac{d^2V}{dx\,dy} + b\frac{d^2V}{dy^2} = f(xy) \text{ ou } 0$$

Nous savons que, par une rotation convenable des axes rectangles, on peut toujours annuler la somme $c_1 + c_2$. En supposant cette condition vérifiée, nous allons examiner les diverses hypothèses que l'on peut faire sur les coefficients.

(1) $\qquad a \gtrless b \qquad c_1 = -c_2 \gtrless 0$

C'est le cas général.

(2) $\qquad a \gtrless 0 \qquad c_1 = 0 \qquad c_2 = 0$

On dit alors que le milieu possède l'égalité symétrique, et c'est le cas dans lequel on se place d'ordinaire en physique mathématique.

(3) $\qquad a = b \qquad c_1 = -c_2 \gtrless 0$

On peut s'assurer que ces conditions sont toujours remplies, quelle que soit l'orientation des axes, s'ils le sont pour une orientation donnée, et nous verrons qu'on pourra désigner la valeur commune de $c_1 = -c_2 = c$ par le nom de coefficient rotatoire.

(4) $\qquad a = b \qquad c_1 = c_2 = 0$

Le milieu est alors isotrope.

Dans le cas le plus général, les équations différentielles pourront donc s'écrire :

$$u = a\frac{dV}{dx} + c\frac{dV}{dy} \qquad v = -c\frac{dV}{dx} + b\frac{dV}{dy}$$

$$a\frac{d^2V}{dx^2} + b\frac{d^2V}{dy^2} = 0 \quad \text{ou} \quad f(xy)$$

On satisfait à cette dernière, comme il arrive pour les milieux isotropes, à l'aide d'un potentiel logarithmique :

$$V = A_1 \log \sqrt{\alpha(x - x_1)^2 + \beta(y - y_1)^2}$$

α et β étant les inverses de a et b, A_1 une constante dépendant de la position et du débit des électrodes dont les coordonnées sont affectées d'indices.

4. — C'est l'examen de ces diverses hypothèses qui va nous occuper, en nous limitant au cas très simple où le conducteur est un plan illimité et contient une ou deux électrodes. Mais ce sera suffisant pour nous montrer le rôle du coefficient c, que jusqu'ici aucun fait expérimental n'avait forcé de prendre en considération.

Première hypothèse. — $a \gtrless b$, $c_1 = -c_2 \gtrless 0$, cas d'une électrode que l'on peut supposer à l'origine des coordonnées.

Les courbes équipotentielles sont évidemment des ellipses concentriques semblables, indépendantes du coefficient c, bien que liées à lui par leur orientation, et qu'on peut écrire :

$$\alpha x^2 + \beta y^2 = \lambda$$

La fonction V étant connue, on en déduit les valeurs de u et v, et en les substituant dans l'équation :

$$\frac{dx}{u} - \frac{dy}{v} = 0$$

on obtient l'équation différentielle des lignes des courants. Il est commode, pour en faciliter l'intégration, de se servir des coordonnées polaires suivantes. Posons :

$$\sqrt{\alpha}\,x = \rho\cos\theta \qquad \rho^2 = \alpha x^2 + \beta y^2$$
$$\sqrt{\beta}\,y = \rho\sin\theta$$

et l'équation différentielle se réduit à

$$c\frac{d\rho}{\rho}+\frac{d\theta}{\sqrt{\alpha\beta}}=0$$

dont l'intégrale est :

$$\rho=e-\frac{\theta-\mu}{c\sqrt{\alpha\beta}} \quad \text{ou encore} \quad f(\mu)\,e-\frac{\theta}{c\sqrt{\alpha\beta}}$$

μ étant une arbitraire.

Ces courbes ne sont pas isogonales avec les équipotentielles. Elles ressemblent à des spirales logarithmiques issues de l'origine, tournant dans un sens ou dans l'autre, suivant le signe du coefficiet rotatoire c.

On peut faire dériver une quelconque d'entre elles de la spirale logarithmique ordinaire. Il suffit de multiplier le rapport des coordonnées d'un point quelconque de cette dernière par le rapport $\sqrt{\frac{\beta}{\alpha}}$; autrement dit, de soumettre le plan à deux élongations simultanées, inégales, l'une dans le sens des x, l'autre dans le sens des y.

8. — Je considère ensuite le cas où le courant entre et sort par deux électrodes M_2 et M_1 de coordonnées respectives $x_2\,y_2$ et $x_1\,y_1$. En posant :

$$\rho_1^2=\alpha(x-x_1)^2+\beta(y-y_1)^2 \qquad \rho_2^2=\text{etc.}$$

l'équation (2) sera vérifiée par la fonction :

$$V=A(\log\rho_2-\log\rho_1)$$

les lignes équipotentielles sont donc représentées par l'équation :

$$\frac{\rho^2}{\rho_1}=K=\text{constaate}$$

Ce sont encore des ellipses.

On peut simplifier leur équation en posant :

$$r=\alpha x^2+\beta y^2 \qquad r_1^2=\alpha x_1^2+\beta y_1^2 \qquad r_2^2=\text{etc.}$$

et en prenant pour origine le milieu du segment $M_2\,M_1$, c'est-à-dire en faisant :

$$x_1+x_2=0 \qquad y_1+y_2=0$$

ce qui permet d'écrire leur équation :

$$r^2+r_2^2-2\,(\alpha x x_2+\beta y y_2)\frac{1+K^2}{1-K_2}=0$$

On peut vérifier que ces ellipses, dont les centres sont sur la droite $M_2\,M_1$, sont semblables et ont pour axe radical la droite passant par le milieu de $M_2\,M_1$ et conjuguée de cette direction $M_2\,M_1$ relativement à l'ellipse fondamentale, qui caractérise l'anisotropie du plan.

On obtient les lignes de flux comme précédemment, en utilisant la nouvelle valeur de V. Employons encore les coordonnées polaires ρ et θ, définies par les égalités :

$$\sqrt{\alpha}\,(x-x_1)=\rho_1\cos\theta_1 \qquad \rho_1^2=\alpha(x-x_1)^2+\beta(y-y_1)^2$$
$$\sqrt{\beta}\,(y-y_1)=\rho_1\sin\theta_1$$
$$\sqrt{\alpha}\,(x-x_2)=\rho_2\cos\theta_2 \qquad \rho_2^2=\alpha(x-x_1)^2+\beta(y-y_2)^2$$
$$\sqrt{\beta}\,(y-y_2)=\rho_2\sin\theta_2$$

θ_1 et θ_2 étant des angles qui croissent tous deux lorsqu'on tourne dans le même sens.

L'équation différentielle des lignes de flux devient :

$$c\left(\frac{d\rho_2}{\rho_2}-\frac{d\rho_1}{\rho_1}\right)+\frac{d\theta_2-d\theta_1}{\sqrt{\alpha\beta}}=0$$

dont l'intégrale est :

$$\frac{\rho_2}{\rho_1}=f(\mu)\,e-\frac{\theta_2-\theta_1}{c\sqrt{\alpha\beta}}$$

On se fera une idée de la forme de ces courbes par l'étude que l'on fera, par la suite, d'autres dont elles dérivent, à l'aide d'élongations suivant lex axes des coordonnées.

Il est inutile, pour le but actuel, de considérer un plus grand nombre d'électrodes, puisqu'il suffira de multiplier, dans les équations différentielles et leurs intégrales, le nombre des ρ et des θ pour obtenir les courbes dans ce cas plus général.

6.—*Deuxième hypothèse.*—$a \gtrless b$, $c_1=-c_2=0$. Le milieu possède l'égalité symétrique.

1er *cas.* — Une électrode à l'origine.

Le coefficient c n'entrant pas dans l'équation des courbes de niveau, il n'y aura rien à changer

à ce qui a été dit relativement à ces courbes. Mais les lignes de flux se simplifient. Comme on a alors :

$$u = \frac{x}{\rho^2} \qquad v = \frac{y}{\rho^2}$$

Ce sont des droites issues de l'origine.

7. — 2e *cas.* — Deux électrodes situées aux points $x_1 y_1$, $x_2 y_2$. — Mêmes courbes de niveau que précédemment.

Quant aux lignes de flux, si θ_2 et θ_1 conservent la signification indiquée précédemment, elles sont données (puisque $c = 0$), par :

$$\theta_2 - \theta_1 = \text{constante}$$

En exprimant ces angles en fonction des coordonnées cartésiennes ou, sans passer par leur intermédiaire, en intégrant l'équation :

$$\frac{dx}{u} - \frac{dy}{v} = 0$$

exprimée dans ces coordonnées, ces courbes peuvent, le milieu de $M_2 M_1$ étant pris pour origine, être représentées par :

$$r^2 - r_2^2 + 2 K' \alpha \beta (y x_2 - x y_2) = 0$$

Ce sont donc des ellipses caractérisées par les propriétés suivantes : elles passent par les électrodes M_2 et M_1 ; leurs centres sont sur l'axe radical des ellipses équipotentielles conjugué de leur corde commune M_2 M_1 ; les tangentes au point d'intersection d'une équipotentielle et d'une ligne de niveau vont passer par les centres respectifs de ces courbes.

On se fera une idée très simple de ces deux systèmes de courbes, en faisant subir au double système bien connu des circonférences orthogonales, deux élongations simultanées proportionnelles à $\sqrt{\alpha}$ et $\sqrt{\beta}$ et suivant deux directions rectangles.

En admettant que le magnétisme pût produire sur un conducteur plan la modification d'isotropie que l'on vient de considérer, il suffirait d'une expérience très simple pour trouver la relation liant l'intensité du champ magnétique aux conductibilités. Si l'on découpe, en effet, la lame conductrice en forme d'ellipse quelconque, on pourra créer une intensité du champ telle que le contour de la lame soit une ligne de flux, les électrodes étant appliquées aux extrémités d'un diamètre quelconque de cette ellipse. Ce diamètre sera une ligne de courant et le diamètre conjugué une équipotentielle n'apportant aucun courant à un galvanomètre intercalé.

Le rapport des axes de la lame et son orientation définiront complètement la conductibilité du milieu.

Il est peu probable que des lignes de force ma-

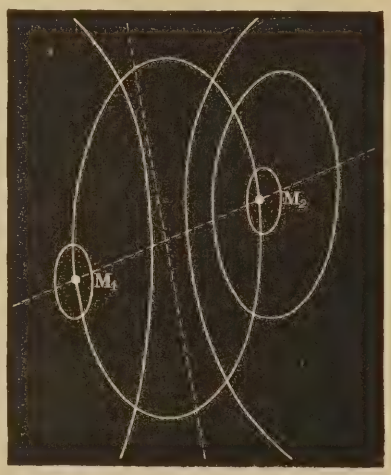


Fig. 1.

gnétiques, perpendiculaires à la lame, produisent la modification que nous venons d'examiner. On ne voit pas, en effet, en raison de leur symétrie, pourquoi l'ellipse serait orientée dans un sens plutôt que dans un autre. Mais, si ces lignes de force étaient inclinées sur la lame, il semble, au contraire, très probable [1] que les coefficients de conductibilité longitudinaux a et b seront inégaux ; il existera de plus un coefficient rotatoire c, et l'on retombe dans la première hypothèse. Le cas de lignes de force perpendiculaires à la lame rentre dans la troisième hypothèse, faite sur les coefficients, hypothèse que nous allons étudier.

8. — *Troisième hypothèse* — $a = b$, $c_1 = -c_2 \gtrless 0$,

[1] M. Righi a établi la variation de la conductibilité du bismuth due au magnétisme.

et ces conditions étant remplies dans un système d'axes de coordonnées, le seront dans tout autre rectangle.

1er cas. — Une électrode à l'origine.

Les équipotentielles sont des cercles concentriques (puisque $\alpha = \beta$).

Les lignes de flux se déduisent de l'intégrale générale du n° 6, ou ici très simplement de l'intégration directe de leur équation différentielle :

$$x\,dy - y\,dx = -c\,\alpha\,(x\,dx + y\,dy)$$

ou

$$\rho^2\,d\theta = -c\,\alpha\,\rho\,d\rho$$

d'où

$$\rho = \mu\,e^{-\frac{\theta}{c\,\alpha}}$$

Ce sont des spirales logarithmiques proprement dites. A un accroissement de l'angle θ correspondra un accroissement de ρ d'autant plus faible que $c\alpha$ ou le rapport $\frac{c}{a}$ sera plus grand; c'est-à-dire que la spirale tournera d'autant plus vite que le coefficient rotatoire c sera plus grand et le coefficient de conductibilité longitudinale plus faible. Il serait peut-être difficile de se servir de ces courbes, parce qu'elles ne sont pas fermées et que l'on ne peut faire usage que de champs magnétiques uniformes peu étendus. M. Righi a cependant obtenu des résultats avec le magnétisme terrestre.

9. — Cas de deux électrodes égales, l'une positive, l'autre négative, aux points $x_1 y_1$, $x_2 y_2$.

Les équipotentielles sont alors des circonférences dont la position ne dépend que de celle des électrodes $M_2\,M_1$, et qui ont pour axe radical une perpendiculaire au milieu de $M_2\,M_1$.

Les lignes de courant ont pour équation :

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = f(\mu)\,e^{-\frac{\theta_2 - \theta_1}{c\,\alpha}}$$

ρ_2 et ρ_1 étant les rayons vecteurs joignant un point de la courbe aux électrodes, et $\theta_2 - \theta_1$ l'angle de ces rayons vecteurs entre eux. On peut les construire en utilisant un double système de circonférences orthogonales (coordonnées dipolaires) tracé au préalable. En effet, sur une circonférence quelconque d'un des systèmes, le rapport $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ est constant et sera inscrit comme cote. De même, pour une circonférence de l'autre système, $\theta_2 - \theta_1$ est constant et connu. Un point de la courbe sera donné par l'intersection de deux circonférences dont les cotes vérifieront l'équation précédente.

Considérons la courbe de courant, pour laquelle le facteur $f(\mu)$ a été choisi tel, que la courbe passe

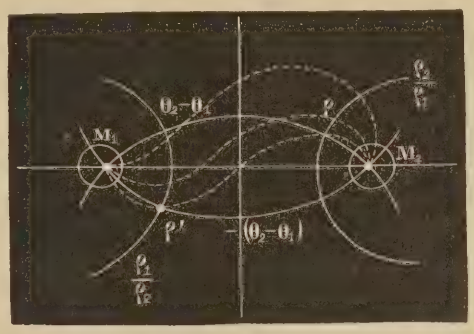


Fig. 2.

par l'origine. Soit ρ un point de cette courbe déterminé par les valeurs

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \varphi \qquad \text{et} \qquad \theta_2 - \theta_1 = \psi$$

et situé au-dessus de $M_2\,M_1$, à droite de l'axe radical. Il existera un autre point ρ', défini par la valeur

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{\varphi}$$

et, par conséquent, situé à gauche de l'axe radical; sa deuxième coordonnée devra être $-\psi$, c'est-à-dire qu'il sera au-dessous de $M_2\,M_1$. Cette ligne spéciale de flux a pour centre de symétrie le milieu de $M_2\,M_1$. Les autres courbes présentent des inflexions de même nature, d'autant plus accusées que le rapport $\frac{c}{a}$ est plus grand.

Une lame conductrice découpée entre deux de ces courbes de courant, présenterait une ligne

équipotentielle droite, perpendiculaire, au milieu de la ligne de jonction des électrodes. D'ailleurs, les deux systèmes de courbes ne sont ni orthogonaux, ni même isogonaux.

(1)	$a \gtrless b \quad c_1 = -c_2 \gtrless 0$ Cas général	Une électrode.....	λ. — Ellipses concentriques, semblables. μ. — Spirales logarithmiques déformées.
		Deux électrodes....	λ. — Ellipses de même axe radical. μ. — Courbes à inflexion, joignant les électrodes.
(2)	$a \gtrless b \quad c_1 = -c_2 = 0$ Égalité symétrique	Une électrode.....	λ. — Ellipses semblables, concentriques μ. — Droites issues de l'origine.
		Deux électrodes....	λ. — Ellipses de même axe radical. μ. — Ellipses de même corde commune.
(3)	$a = b \quad c_1 \gtrless 0$	Une électrode.....	λ. — Circonférences concentriques. μ. — Spirales logarithmiques proprement dites.
		Deux électrodes....	λ. — Circonférences de même axe radical. μ. — Courbes à inflexion, joignant les électrodes.
(4)	$a = b \quad c_1 = -c_2 = 0$ Conducteur isotrope	Une électrode.....	λ. — Circonférences concentriques. μ. — Droite issues de l'origine.
		Deux électrodes....	λ. — Circonférences de même axe radical. μ. — Circonférences de même corde commune, orthogonales aux précédentes.

J'ai résumé le contenu de cette note dans le tableau précédent, où λ et μ désignent respectivement les équipotentielles et les lignes de flux.

B. Elie

THÉORIE GRAPHIQUE

DES

DYNAMOS A COURANTS CONTINUS [1]

Auto-excitation en circuit ouvert.

Pour la suite de cette étude, nous conserverons la classification des machines en magnéto-électriques : — dynamo électriques excitées en dérivation, — dynamo-électriques excitées en série ; et nous examinerons successivement les trois cas.

Pour une magnéto-machine, la courbe des champs n'existe pas, puisque l'excitation est constamment nulle. La force électromotrice est donc constante à vitesse constante, et proportionnelle

Considérons maintenant une machine excitée en dérivation. Nous nous proposons de trouver les conditions de marche en circuit ouvert pour tous les cas possibles.

Supposons tracée l'épure des forces électromotrices en fonction des vitesses, (fig. 9) et supposons l'excitation produite par un fil dont on connaît la résistance et le nombre de spires.

Connaissant N du produit N I, l'axe des abscisses peut être divisé en ampères ; — On effectue cette division.

La machine étant excitée en dérivation on a

$$i = \frac{E}{R}$$

comme équation du courant qui parcourt le fil d'excitation de résistance R.

C'est l'équation d'une droite passant par l'origine. Pour la tracer, on en marque un point à l'aide d'un groupe de valeurs E et i et on joint ce point à l'origine.

Remarquons ici que R, coëfficient angulaire de la droite n'est pas égale en valeur numérique à la tangente trigonométrique de la droite avec l'axe des abscisses. Cela n'aurait lieu que si une même longueur représentait sur les deux axes 1 volt et

[1] Voir *La Lumière Électrique* du 1er janvier 1887.

à la vitesse. Il n'y a rien de spécial à signaler pour ce cas, le plus simple de tous.

1 ampère. C'est ce qui n'a presque jamais lieu.

La droite ainsi obtenue coupe les courbes aux points A' A A'' etc,

Prenons un point Q quelconque sur la droite.

La figure montre que pour produire dans les électros le courant *i* correspondant, il faut une force électromotrice *e*. Mais avec ce courant *i*, le champ produit est tel, que aux allures V V' on a les forces électromotrices *e e' e''*.... Parmi ces forces, *e* et *e'* correspondant aux allures V et V', sont supérieures à *e*. Donc, pour ces vitesses, la machine renforce encore son propre champ au-delà du courant *i*, et le régime n'est pas atteint.

Au contraire *e'' e'''*... correspondant aux allures V'' V'''... sont plus petits que *e*. Le courant *i* ne peut donc pas s'établir à ces vitesses dans le circuit excitateur.

Il est du reste évident que les ordonnées des points A' A'' sont les forces électromotrices qu'atteint la machine s'excitant elle-même aux allures correspondantes.

Il est donc possible d'établir graphiquement

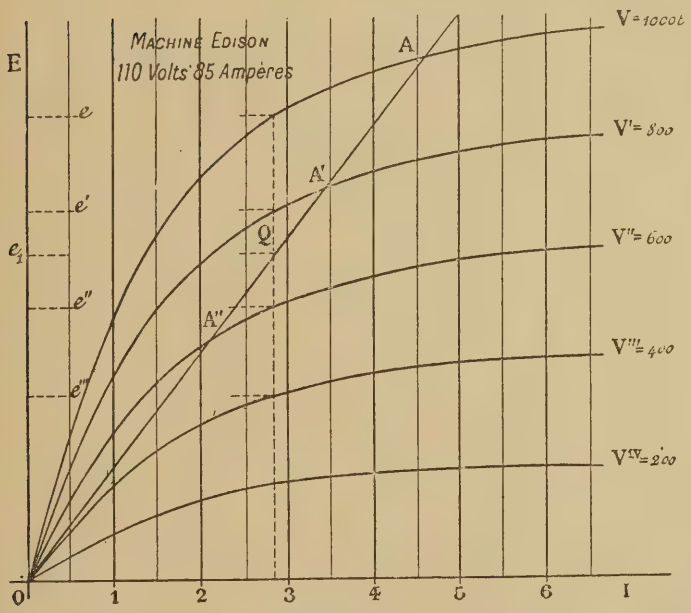


Fig. 9.

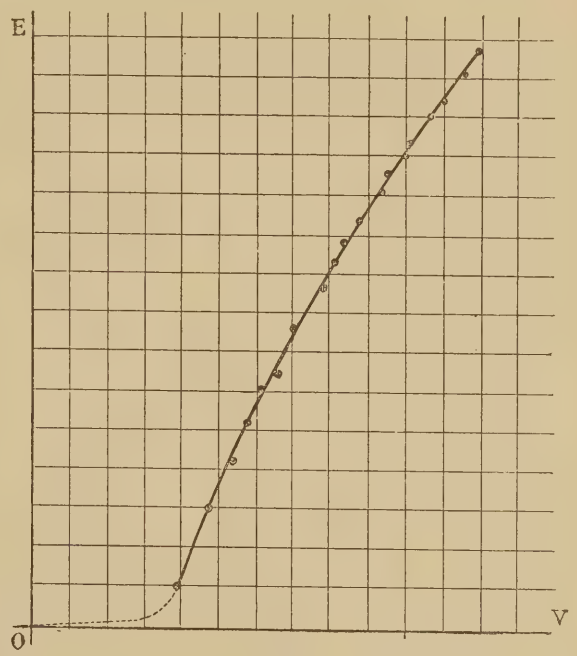


Fig. 10

d'une manière très simple, la courbe d'*auto-excitation* d'une dynamo en dérivation en fonction de la vitesse, et pour un enroulement donné.

On porte en abscisses les vitesses, en nombre de tours par exemple, et en ordonnées les forces électromotrices induites.

La forme de cette courbe est assez remarquable. Après une double inflexion, elle se confond assez sensiblement avec une droite.

La figure 10 donne la courbe obtenue expérimentalement. La courbe déduite de l'épure donnée figure 9, est trop voisine de la courbe expérimentale pour qu'on puisse la figurer sur la même épure. On doit du reste considérer cette vérification comme devant se faire rigoureusement, puisqu'elle ne dépend que de la loi de proportionnalité des forces électromotrices aux vitesses à champ constant, et de la loi d'Ohm, et que ces deux lois sont rigoureusement vérifiées elles-mêmes.

Pour les faibles vitesses, la vérification n'a pu être faite, le voltmètre n'étant pas d'une sensibilité convenable ; et cette région étant dépourvue d'intérêt, on ne s'y est pas attaché.

En se reportant à la figure 9 de l'épure des forces électromotrices on voit que toutes les courbes coupent l'axe vertical au dessus de l'origine. Cela est dû au magnétisme rémanent des pièces de fer ou de fonte que renferme la machine.

Si l'on considère l'une de ces courbes (fig. 11) et qu'on la prolonge jusqu'en I, à l'intersection de

l'axe horizontal, il est facile de voir qu'elle est la signification physique de la partie O I de l'axe prise en sens négatif.

Elle représente le nombre d'ampère-tours négatifs qui annuleraient le champ rémanent, en lançant le courant en sens inverse. C'est ce qui arrive si les connections qui relient le circuit dérivé d'excitation aux balais de la machine, sont établies en sens inverse ce ce qu'elles doivent être. Le magnétisme rémanent induit un faible courant qui l'affaiblit, et il n'y a d'équilibre que quand la la force électromotrice induite est rigoureusement nulle.

La figure précédente montre encore que quelle que soit l'inclinaison de la droite O A, elle coupe toujours toutes les courbes. La conséquence de ce

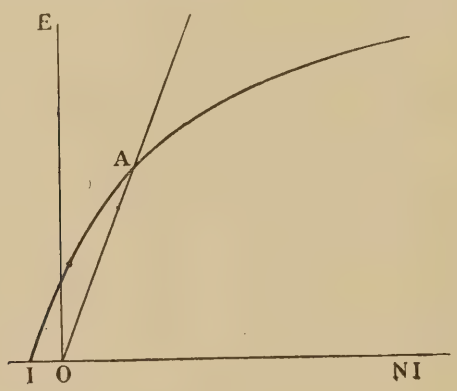


Fig. 11

fait est que la machine s'amorce toujours, même sur de grandes résistances et à de faibles vitesses; seulement dans ce cas, la force électromotrice peut être excessivement faible, et non mesurable à l'aide de l'instrument disposé pour des forces électromotrices élévées.

Étude des bobinages d'excitation.

Machines à excitation séparee. — Pour ces machines, on est iout à fait libre de constituer l'excitation à l'aide de fils et de courants quelconques. Le plus souvent, on se fixera sur des considérations spéciales au cas pratique qui se présente, et on se donnera le courant I à employer pour l'excitation.

Ce nombre d'ampères étant fixé, on peut alors diviser l'échelle des abscisses en nombre de spires de fil. Alors A′ N′, A″ N″ seront les forces électromotrices dues aux nombres N′ et N″ de spires (fig. 12).

Si nous prenons un point N tel que O N = 1000 spires, et si nous élevons alors la perpendiculaire A O N, cette ligne coupe en P′ P″ les ligne O A′, O A″. On a alors d'après les triangles semblables.

$$\frac{P'N}{ON} = \frac{A'N'}{ON'}$$

ou

$$P'N = 1000 \times \frac{E'}{N'}$$

en appelant E′ la force électromotrice A′ N′ La

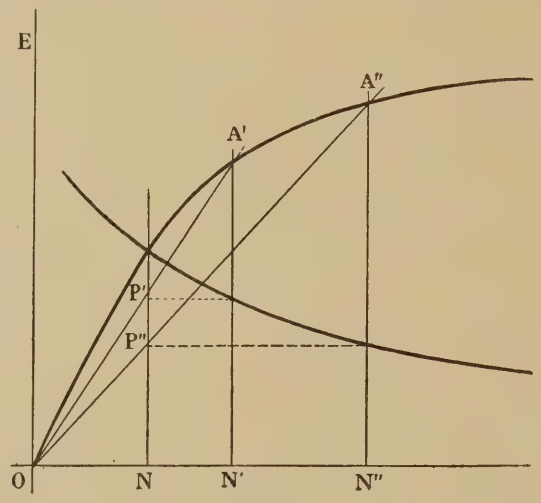


Fig. 12

ligne P′ N représente donc, à l'échelle 1000 pour 1, la force électromotrice induite par spire, pour le nombre de spires choisi N′. — La ligne P″ N a la même signification pour N″, — C'est donc pour chaque force électromotrice obtenue, l'efficacité moyenne d'une spire de fil. On voit que cette efficacité est très variable et va sans cesse en diminuant jusque vers une limite. Il est très facile de la mettre encore mieux en évidence en construisant une courbe, qu'on obtiendrait en reportant les points P′ P″ sur les droites correspondantes A′ N′, A″ N″. On obtient alors une une courbe analogue à celle de la figure 12.

Machines en dérivation. — Supposons qu'on ait tracé la courbe $E = f(At)$ pour une carcasse donnée, et qu'on l'ait obtenue à l'aide d'un bobinage d'étude exécuté d'une manière tout à fait

arbitraire, mais dont on a, naturellement, compté très exactement le nombre de tours.

Il sera bon d'exécuter ce bobinage d'étude avec un fil voisin de celui que l'on pense devoir adopter comme définitif; on en tirera parti, comme on le verra plus loin pour déterminer expérimentalement un point de l'échelle des sections, en mettant la machine en auto-excitation ; et cette détermination expérimentale sera beaucoup plus exacte pratiqusment que celle qui résulterait du calcul.

Soit donc (fig. 13) A un point choisi tel que A P représente la force électromotrice que l'on veut donner à la machine.

Cette force électromotrice sera obtenue avec tous les enroulements tels que le produit N I soit égal à O P.

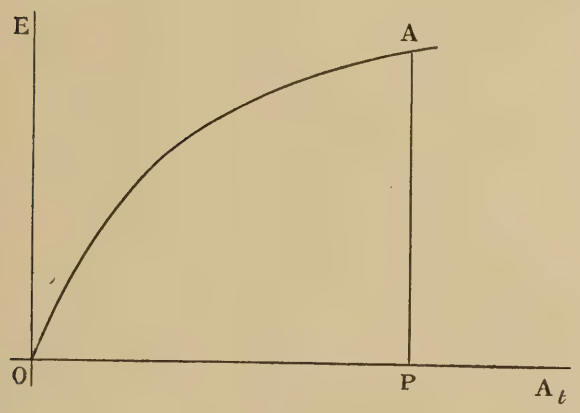


Fig. 13

Il paraît donc y avoir à ce problème une infinité de solutions données par l'équation

$$N i = A t \tag{1}$$

A t étant le nombre d'ampères-tours mesuré par O P. Mais N et i sont liés par la relation

$$E = R i$$

dans laquelle R contient N implicitement.

En effet, appelant D le diamètre moyen d'enroulement des fils, on a

$$\pi D N = L$$

L étant la longueur de ce fil inducteur. Appelant s sa section et ρ sa résistance spécifique on a aussi

$$R = \rho \frac{L}{s} = \rho \frac{\pi D N}{s}$$

D'où

$$\frac{\rho \pi D N}{s} i = E \tag{2}$$

Entre ces deux équations (1) et (2), on voit que N et i disparaissent, et on obtient finalement une équation de condition

$$s = \rho \pi D \frac{A_t}{E} \tag{3}$$

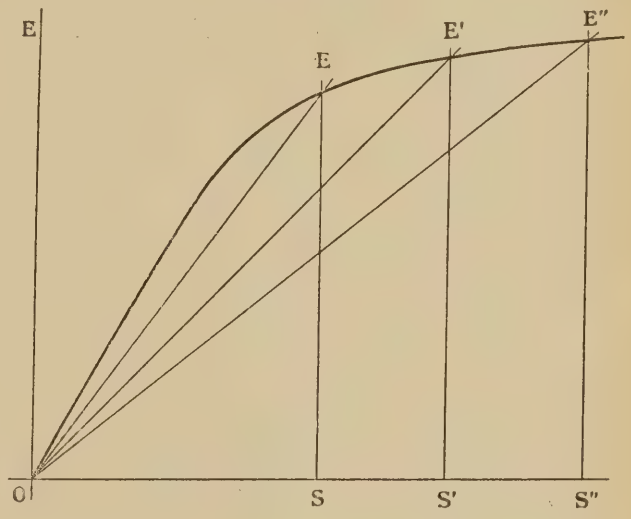


Fig. 14

Il y a donc bien une infinité de valeurs de N et de i qui donnent la force électromotrice choisie mais la section s du fil n'est pas arbitraire. Il résulte de là que la force électromotrice que donne à une certaine vitesse une machine en dérivation, dépend uniquemeni de la section du fil de la dérivation.

Ayant donc choisi un certain calibrage de fil, on peut en ajouter ou en retrancher une couche sans modifier la force électromotrice induite.

La formule (3) montre alors que l'axe des abscisses peut être directement divisé en sections du fil inducteur, par simple proportionnalité aux ampère-tours.

Il est toujours bien entendu que, dans tout ce qui précède, on suppose que la résistance dans la dérivation est assez grande pour que celle de l'armature soit négligeable devant elle. C'est le cas

pratique général, et on ne fera aucune erreur sensible en adoptant cette hypothèse.

Supposons donc établie la division de l'axe des abscisses en ampère-tours, en prenant comme point de départ la section du fil employé au bobinage d'essai et en partageant l'axe en parties proportionnelles.

La conséquence du choix d'un fil quelconque pour le bobinage résulte alors immédiatement de l'épure (fig. 14).

Les forces E E' E'' seront obtenues avec les sections s s' s'' de fil inducteur pour la vitesse correspondant à la courbe E, et quelle que soit, d'ailleurs, la quantité de fil employée, et l'énergie dépensée à l'excitation.

Cela posé, il est facile de déterminer le système de valeurs N et i, le plus convenable, à l'aide de considérations simples.

On peut se proposer, par exemple, comme but, l'économie de cuivre. Alors, on devra faire travailler le fil au maximum de densité. Ce maximum peut se déterminer par la considération que les fils, noircis, rayonnent à l'air calme de telle sorte qu'il est nécessaire d'avoir une surface de 0,3 à 1,0 décimètre carré par watt dépensé dans ces fils. Ce sont à peu près les limites extrêmes pratiques pour les inducteurs de dynamos. On mesure donc la surface rayonnante et on en conclut le nombre de watts w à dépenser à l'excitation.

De là comme la force électromotrice à obtenir est connue, on déduit i courant excitateur et r résistance à donner au fil.

Le problème est ainsi déterminé.

Mais il peut se faire que le courant i ainsi déterminé soit jugé trop grand par rapport à I courant principal de la machine ; en d'autres termes, on peut trouver que le rendement correspondant de la dynamo est trop faible. — On prend alors une autre intensité $i' < i$, et on calcule la nouvelle résistance r'.

Le fil travaille alors à moindre densité, et le rendement est meilleur.

Toutes ces opérations se font avec la plus grande rapidité par les tracés graphiques élémentaires.

On peut encore se proposer d'étudier sur l'épure les bobinages pour lesquels la densité de courant dans l'inducteur serait la même.

En se donnant $\delta = \frac{i}{s}$, on peut effectuer sur l'axe horizontal une double division en *sections* et en *ampères*.

Soit alors A un point, menons A P, d'où la section s, (fig. 15). Sur l'échelle des I prenons O M = 1 ampère, et élevons l'ordonnée M R est la résistance de l'enroulement, ainsi qu'on l'a vu précédemment.

Or, on a :

$$\frac{MR}{PA} = \frac{OM}{OP}$$

ou

$$\frac{R}{AP} = \frac{OM}{s}$$

D'autre part, de la formule $R = \rho \frac{L}{s}$, on tire

$$Rs = \rho L$$

Donc

$$\rho L = OM . AP$$

Dans cette formule, ρ et O M étant deux quantités fixes, on voit que la longueur L du fil est proportionnelle à A P. Par conséquent, une certaine verticale sera coupée en des points tels qu'on pourra mesurer sur elle, en millimètres pour 10 mètres par exemple, la longueur du fil inducteur.

Enfin le poids de cuivre est proportionnel à l'aire du triangle O A P, et est également facile à évaluer sur l'épure.

On voit alors d'un coup d'œil, comment on peut, à densité égale, élever la force électromotrice de la dynamo, et quelles sont les conséquences qui en résultent pour les longueurs et sections de fil à adopter, ainsi que pour la valeur correspondante de l'intensité et de la résistance dans le circuit excitateur. A mesure qu'on veut élever la force électromotrice il faut diminuer la résistance, augmenter la longueur, et augmenter la section dans une bien plus forte mesure.

Machines excitées en série. — Ces machines sont le plus généralement employées comme dynamos à régime fixe. On les définit par leur courant de régime et la différence de potentiels disponibles aux bornes extrêmes.

Appelons E la force électromotrice,
e la différence de potentiels aux balais,
ε la différence de potentiels aux bornes,
I le courant de régime.

Traçons toujours d'après la courbe du champ magnétique obtenue comme précédemment, la courbe des forces électromotrice pour la vitesse choisie (fig. 16). Le courant étant constant, l'axe horizontal peut être divisé immédiatement en fonction de N.

Le courant étant constant, la quantité $r\,I = E - e$

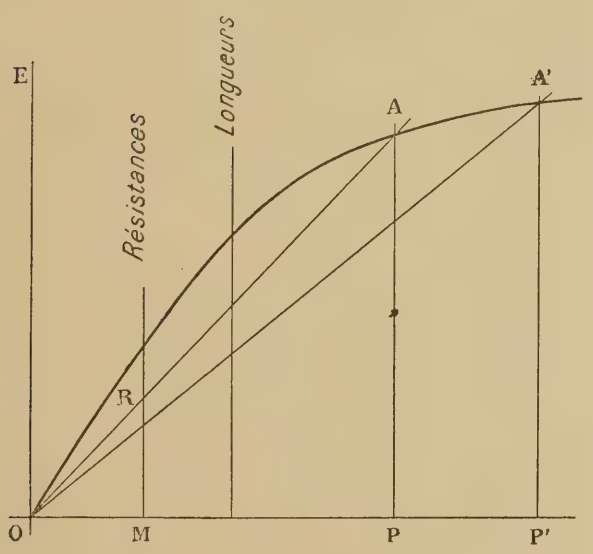


Fig. 17

qui représente les volts absorbés dans l'induit même est constante. En la retranchant de E, on aurait une nouvelle courbe qui réprésenterait e.

Pour cela, il suffit de relever l'axe des N d'une quantité $O\,O' = r\,I$.

Tracons maintenant l'horizontale $O''\,\varepsilon$ telle que $O'\,O''$ représente la différence de potentiels qu'on veut obtenir aux bornes.

Il est évident tout d'abord qu'on ne pourrait pas obtenir cette différence de potentiels avec un nombre de tours moindre que N.

Ceci posé, nous avons

$$e - \varepsilon = R\,I$$

R résistance du fil d'excitation

$$R = \rho \frac{\pi\,D\,N}{s}$$

D diamètre moyen d'enroulement et s section du même fil,
d'où

$$e - \varepsilon = \rho\,\pi\,D\,\frac{N}{s}\,I$$

Pour un point quelconque N_2, la portion d'ordonnée comprise entre les lignes e et ε est donc proportionnelle à $\frac{N}{s}$.

D'autre part $O\,N_2$ est N. Il est donc très facile d'en tirer graphiquement s. Du point P portons

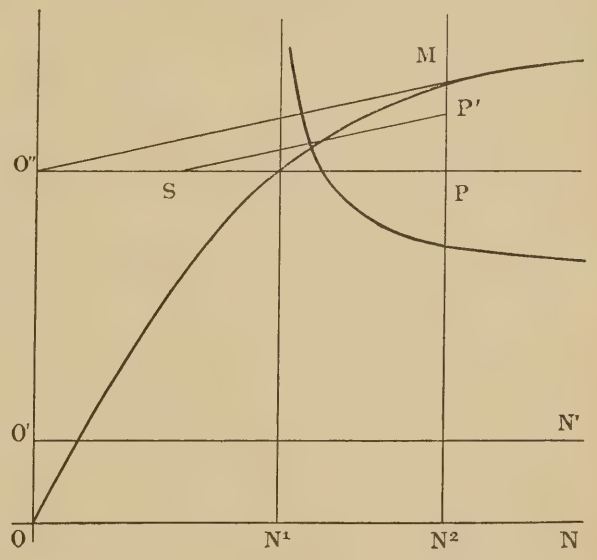


Fig. 18

verticalement une longueur P P' qui représentera la section unité; par P' menons P S parallèle à M O'', et nous aurons

$$\frac{P\,S}{1} = \frac{N}{\frac{N}{s}}$$

Donc

$$s = P\,S$$

On peut reporter cette longueur sur l'ordonnée en N_2 S', et en joignant tous les points ainsi obtenus par une ligne continue, on a la courbe des sections.

Ceci suppose que le diamètre moyen d'enroulement reste le même; et n'est rigoureusement applicable que s'il varie peu ou si l'on augmente convenablement la longueur des inducteurs.

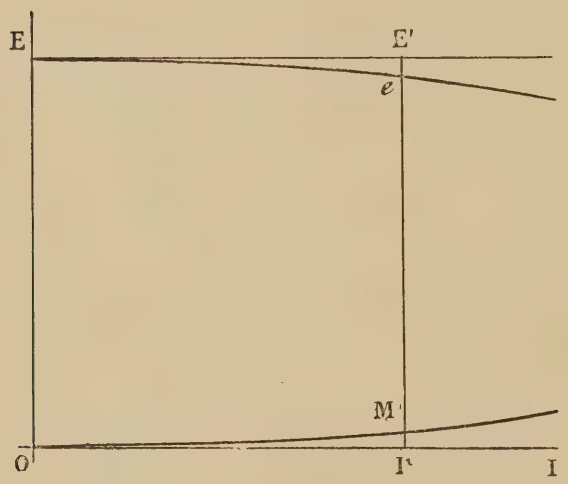
A mesure qu'on prend des sections plus faibles, on voit que le rendement de la machine diminue.

Ce rendement ayant pour expression

$$\frac{\varepsilon I}{E I} = \frac{\varepsilon}{E}$$

est égal au rapport de la portion d'ordonnée comprise entre les lignes N′ et ε à l'ordonnée totale N_2 M.

Il est facile de construire ce rapport et de le reporter sur N_2 M. On obtiendrait ainsi la courbe du rendement, qui n'a pas été tracée, pour éviter de surcharger la figure.



Les longueurs de fil sont proportionnelles aux nombres de spires O N_2.

On réunit donc ainsi sur une même figure les longueurs et sections du fil et le rendement. Le volume de ce fil est encore proportionnel à l'aire du triangle ou du rectangle construits sur O N_2 S′, et pourrait aussi être tracé sur la figure sans difficulté.

FONCTIONNEMENT EN CIRCUIT FERMÉ

DIFFÉRENCE DE POTENTIEL AUX BALAIS

Machines magnéto-électrique. — Dans ce genre de machine, la courbe des différences de potentiels aux balais est d'un tracé immédiat.

Sur les axes, on porte en abscisses les courants principaux et on trace la courbe $\int R\,d\,I$ des volts absorbés à l'intéeieur de l'armature.

Soit I, M (fig. 17) l'ordonnée de cette ligne pour le point I.

Menons E E′ horizontale, qui représente la force électromotrice de la machine.

Il suffira de retrancher de l'ordonnée totale I, E′ la quantité I, M, à partir de E′ et on aura un point *e* de la courbe des différences de potentiels aux balais.

Cette courbe est évidemment symétrique à la courbe inférieure. Elle aura une allure descendante très marquée et souvent beaucoup plus rapide qu'on ne le penserait. Cela est dû à la faiblesse de champ de ces machines : pour une même force électromotrice il faut beaucoup plus de longueur de fil induit que pour une dynamo ; les réactions intérieures de l'armature se produisent alors plus fortement et se traduisent par une augmentation rapide de la résistance intérieure apparente.

Machines dynamo-électriques excitées en dérivation. — Lorsque la machine est mise en service sur un circuit fermé, la différence de potentiels aux balais *e* n'est plus égale à la force électromotrice E.

D'abord la résistance intérieure absorbe une fraction R I des volts, et on aurait comme première approximation

$$e = E - R\,I$$

Mais, de plus, comme la dérivation qui forme le champ est prise aux balais, il en résulte que le courant d'excitation lui-même, qui était primitivement $i = \frac{E}{r}$ s'est affaibli, et est devenu

$$i' = \frac{e}{r}$$

r désignant la résistance du circuit excitateur. De ce fait, résulte un affaiblissement de la force électromotrice de la dynamo, puisque les ampère-tours de l'excitation ont diminué et il en résulte encore un nouvel affaiblissement de *e*,

Les deux actions réagissent donc mutuellement, jusqu'à une limite qu'il s'agit de déterminer.

Pour le faire, nous reproduirons le raisonne-

ment qui précède, en l'appliquant aux tracés graphiques.

Soit (fig. 18) le système d'axes sur lequel il faut tracer la courbe cherchée.

Ordonnées en volts.

Abscisses en courants principeux.

Soit (fig. 19) la courbe des forces électromotrices de la dynamo a l'allure choisie.

Ordonnées en volts.

Abscisses en courants dans l'excitation.

Sur les premiers axes on a tracé la courbe des volts absorbés dans l'armature.

Sur la courbe des forces électromotrices traçons

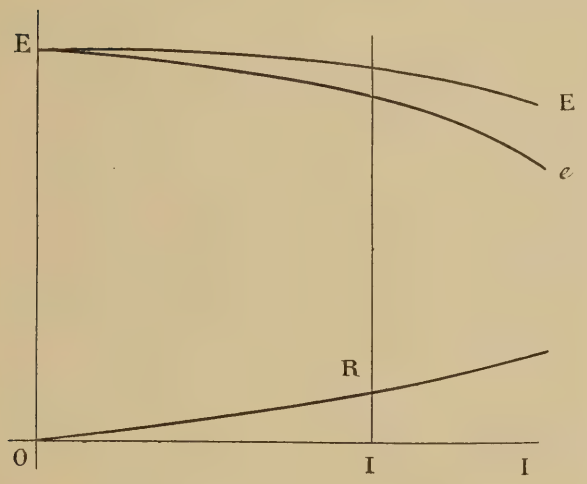


Fig. 18

la droite O E dont le coefficient angulaire représente la résistance de l'inducteur.

Elle coupe la courbe en E, et E i est la force électromotrice de la machine.

Portons i R égal à I R de l'autre figure ; joignons O R et menons-lui une parallèle e E passant par E.

Alors O e est la différence de potentiels de première approximation.

Traçant l'horizontale par e, elle coupe la droite O E en, et e N = O i' donnerait la valeur du courant i de l'excitation réduite. En même temps, i', R serait la différence de potentiels de deuxième approximation.

Il faut alors recommencer la même construction, pour cela, par E', mener E', e, parallèle à O R, puis e, N, horizontale et ainsi de suite.

Il est facile de voir qu'il y a une limite. En effet, on peut arriver à un point E_n par exemple, tel qu'en répétant la construction E'_n e_n N_n E_n ou retombe sur le même point E'_n.

Il est alors évident que cette limite correspond au cas où la portion d'ordonnée E_n N_n, interceptée entre la droite O E et la courbe, est précisément égale à R i, puisque R E'_n = O e_n par construction.

Ceite conclusion nous amène alors à une construction immédiate (fig. 20). Sur O E, portons o K égal à R I de la figure pour l'intensité choisie : par K menons une parallèle K M à O E.

Elle coupe la courbe en M_1 et en M.

M H est la force électromotrice de la machine

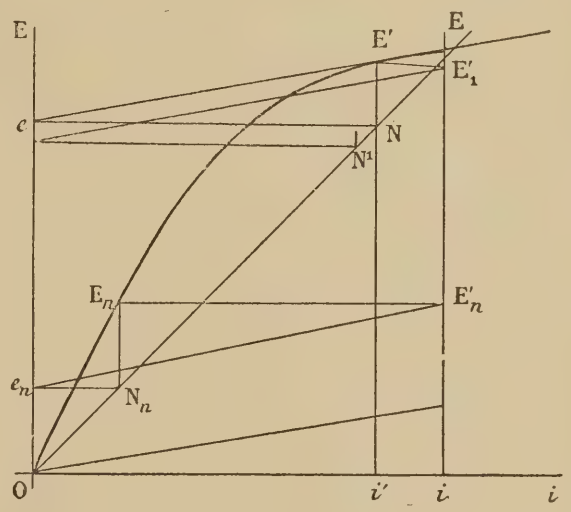


Fig. 19

pour le courant I, et e H est la différence de potentiels aux balais.

On peut alors pour toutes les valeurs de I répéter cette construction ; et en reportant les valeurs ainsi obtenues sur la figure 18, on obtient les courbes de E et e en fonction du courant principal.

Point critique. — Nous avons vu que la courbe est coupée par la droite K M en deux points M à M_1. A mesure que l'intensité s'élève les valeurs des volts absorbés dans l'armature s'élèvent également, et pour une certaine valeur O K', la droite K' M' devient tangente à la courbe.

Il y a donc en réalité deux valeurs de la force électromotrice et de la différence de potentiels aux balais, valeurs qui se confondent en un point donné, correspondant à M'.

A mesure que l'on diminue les résistances extérieures pour obtenir des intensités de plus en plus élevées, les forces électromotrices diminuent. On arrive ainsi à un point critique, qui donne la limite supérieure des intensités que peut fournir la machine.

Si l'on diminue encore la résistance extérieure, la machine ne peut plus se maintenir amorcée. L'intensité diminue et revient vers zéro, en passant par les valeurs déjà parcourus. Mais à ces valeurs descendantes correspondent les valeurs des forces électromotrices et différences de potentiels données par les branches inférieures des courbes.

Cette branche inférieure correspond à une uti-

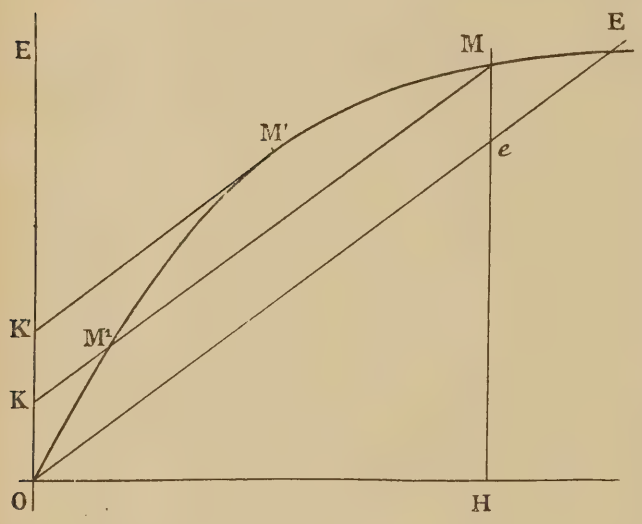


Fig. 20

lisation déplorable de la machine.

Il n'est pas inutile que nous insistions sur ce point, car ce n'est pas sans étonnement que l'on peut voir, dans des Traités devenus classiques, des constructions établies en considérant cette portion inférieure de la courbe. Il est à peine nécessaire de remarquer que le constructeur qui aurait travaillé sur ces données se serait exposé à un grave mécompte. Ce n'est du reste pas la seule erreur de ce genre qui se soit glissée dans des ouvrages trop exclusivement théoriques.

Les figures 21 et 22 représentent le tracé complet effectué pour les deux machines dont nous nous sommes déjà occupés.

Pour la machine Gramme, nous avons indiqué en pointillé l'extrapolation jusqu'à limite de désamorcement. Cette extrapolation a été obtenue en supposant que la résistance intérieure apparente de l'armature conserve la même valeur constante qu'elle avait dans les régions où l'on a pu faire les lectures.

Pour la machine Edison, la limite est tellement éloignée qu'il n'aurait pas été possible de la tracer sans réduire l'échelle à des proportions trop petites.

La machine Gramme en expérience était pourvue d'un second enroulement en gros fil, destiné à être parcouru par le courant principal. Cet enroulement n'était pas utilisé dans le cas qui nous occupe.

Machines excitées en série. — L'étude de ces machines est plus facile ; soit toujours la courbe des forces électromotrices à l'allure choisie : supposons encore effectuée la division des abscisses en ampères. — Comme il s'agit ici du courant principal, la courbe des volts absorbés dans l'armature peut être tracée sur les mêmes axes (fig. 23).

La différence de potentiels aux balais pour un courant donné est alors donnée par la différence des ordonnées des deux courbes, et en portant $M e = I R$, e est un point de la courbe.

Ainsi qu'on l'a signalé, cette courbe passe par un maximum. Il est facile de voir par l'épure que ce maximum est atteint quand l'inclinaison des tangentes aux deux courbes devient égale. Quand, pour les intensités plus fortes, la tangente à la courbe des forces électromotrices devient de moins en moins inclinée, et la tangente à l'autre courbe de plus en plus les pertes intérieures dans l'armature l'emportent sur l'accroissement de la force électromotrice due à l'accroissement d'excitation, et la courbe s'abaisse.

Pour certaines machines, cet abaissement se produit vite et est très considérable ; pour d'autres, il se produit plus tard, mais il se produit, pratiquement toujours. Il ne pourrait en être autrement que pour des résistances intérieures excessivement faibles, par rapport au courant, et correspondant à une mauvaise utilisation de la machine.

La construction précitée se rapporte à la différence de potentiels aux balais. Si on considère cette différence aux bornes, ou bien en un autre point du circuit, la construction est la même.

Mais la courbe inférieure n'est plus la même ; elle doit avoir chacune de ses ordonnées augmen-

tée de l'ordonnée correspondante de la droite passant par l'origine, qui représenterait les volts absorbés entre les balais et les bornes ou les autres points choisis sur circuit.

Cette opération donnerait une nouvelle courbe plus relevée que la première. Par suite, la courbe des différences de potentiels serait différente de la précédente. En particulier, son maximum se produirait plus tôt.

Si la machine doit être employée sur une ligne relativement résistante, il pourra y avoir intérêt à tracer la courbe des potentiels aux bornes de l'appareil récepteur.

Pratiquement, on opérera comme suit; ayant obtenu la courbe *e*, on tracera la droite qui représente les volts absorbés entre les balais et les points considérés; et de chaque ordonnée de *e*, on retranchera l'ordonnée correspondante de la droite. Chaque point ainsi obtenu appartiendra à la nouvelle courbe.

Hyperboles de puissance. — Sur ces épures, il est intéressant de tracer les hyperboles de puissance.

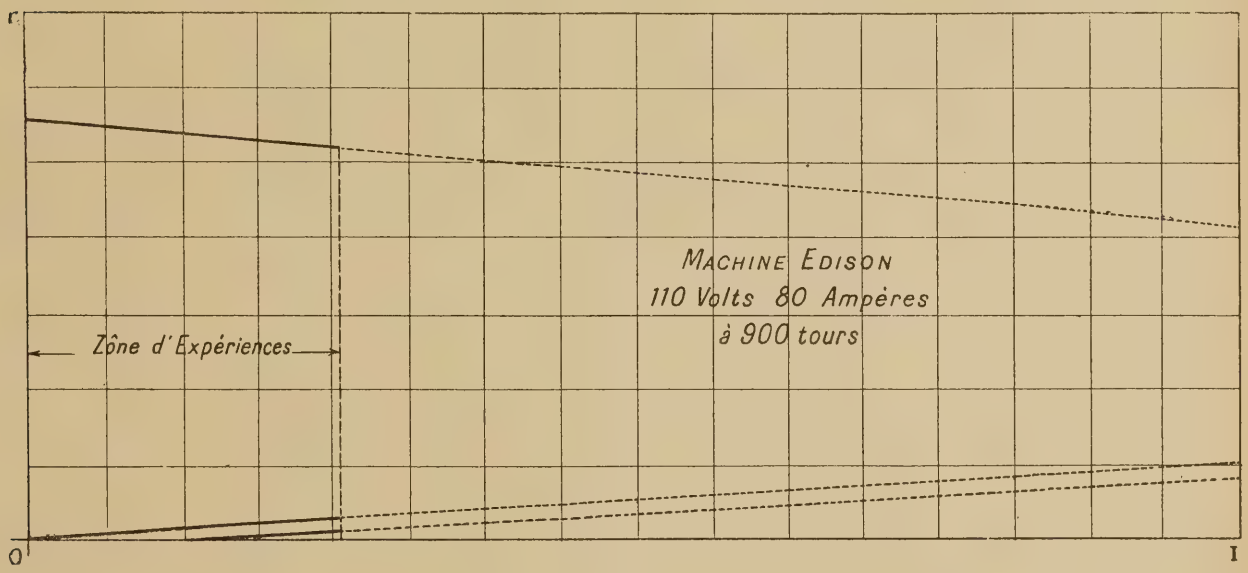


Fig. 21.

Ordonnées : 1 division = 20 volts.
Abscisses : 1 division = 20 ampères.

Ayant comme abscisses les ampères principaux et comme ordonnées les volts, chaque point du plan correspond à un groupe de valeurs *e*, I, dont le produit est une puissance et tous les points correspondant à une même puissance ou activité, sont sur une branche d'hyperbole équilatère.

On tracera donc aisément ces courbes soit de 1000 en 1000 watts, soit de cheval-vapeur en cheval-vapeur.

On voit ainsi d'un coup d'œil quelle est la puissance disponible aux bornes ou aux autres points considérés.

Ces hyperboles sont un utile complément des épures; leur tracé n'offre aucune difficulté, et peut s'exécuter par les moyens graphiques simples.

Régulation des machines dynamo.

Il n'y a rien à dire au sujet des machines magnéto-électriques, pour lesquelles la régulation ne peut se faire qu'en agissant sur le courant principal. Il en est de même pour les machines excitées en série. Ces deux types sont essentiellement des machines à régime fixe, et par conséquent non susceptibles de réglage.

Nous ne nous occuperons donc pour le moment que des machines à excitation séparée et des machines excitées en dérivation. Le problème est le même pour ces deux types, et consiste à agir sur le champ magnétique de manière à obtenir le réglage par variation de la force électromotrice induite.

Le champ étant une fonction simple de N et de I,

le réglage peut porter sur l'une quelconque de ces deux quantités, ou sur les deux à la fois. De là, trois procédés que nous allons examiner successivement.

Le problème se présentera généralement sous cette forme : faire varier suivant une loi donnée *a priori* la force électromotrice de la dynamo, dont la vitesse est maintenue constante.

Régulation par le courant. — La variation du courant s'obtiendra en intercalant une résistance convenablement graduée ; la valeur des différentes parties de cette résistance peut s'obtenir comme il suit :

Sur l'épure (fig. 24) on porte O e, O e_1, etc., longueurs égales aux différentes forces électromotrices que l'on veut réaliser successivement. De là

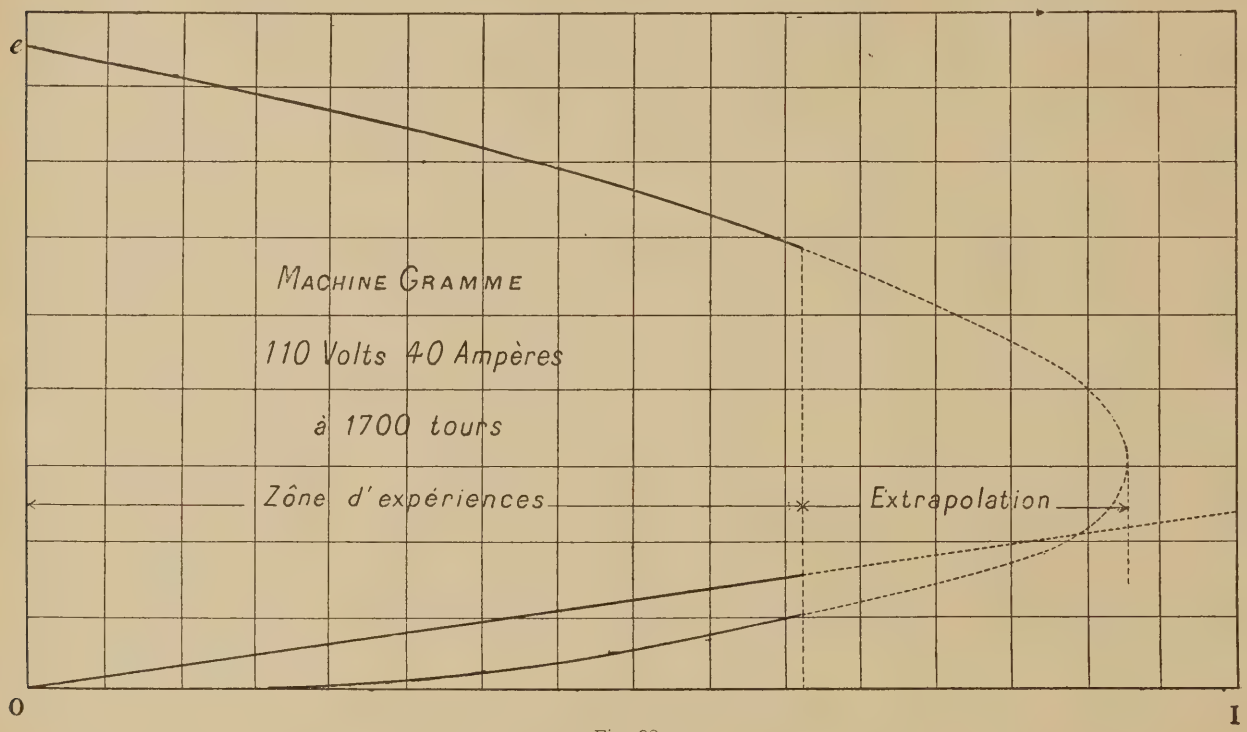


Fig. 22.

Ordonnées : 1 division = 20 volts.
Abscisses : 1 division = 40 ampères.

les points A, A_1, A_2 sur la courbe. Joignant ces points à l'origine, on obtient un faisceau de droites rayonnantes qui coupe en R, R_1, R_2 la verticale R′ R″ élevée au point R′ tel que O R′ = 1 ampère.

Les longueurs R′ R, R′ R_1, R′ R_2 sont alors les résistances totales que doit avoir le circuit excitateur.

Si R′ R est la résistance de la partie active, enroulés sur les électros, R R_1, R R_2 représenteront les résistances additionnelles qu'il faut ajouter successivement au circuit, pour abaisser la force électromotrice suivant la loi que l'on s'était imposée.

Régulation par le nombre des spires.—La variation de la force électromotriee s'obtiendra encore, sans changer le courant excitateur, simplement en inversant le sens par lequel il parcourt un certain nombre de spires. La résistance totale restant la même, le courant sera constant. Pour déterminer le nombre de spires sur lequel il faut agir, on tracera encore sur l'épure, comme précédemment, les points e, e_1, e_2... (fig. 25) A, A_1, A_2... Abaissant les ordonnées de ces derniers points, on obtient les points N, N_1, N_2, sur l'échelle des abscisses, divisée en nombre de spires.

Alors N N_1 représente non pas le nombre, mais le double du nombre de spires dans lequel il faut faire l'inversion. Il ne faut pas oublier, en effet,

qu'une spire parcourue négativement annule l'effet d'une spire parcourue positivement; de sorte que l'inversion dans une spire équivaut à l'annulation de deux.

Le problème se trouve donc encore résolu.

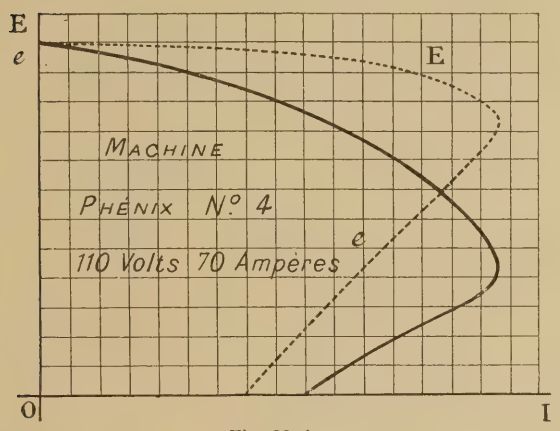


Fig. 22 *bis*.

Ordonnées : 1 division = 20 volts
Abscisses : 1 — = 5 ampères.

Régulation mixte. — Enfin on peut encore régler en mettant en court circuit un certain nombre de spires, Les deux quantités N et I varient alors à la fois.

Il importe de remarquer que ce mode de faire

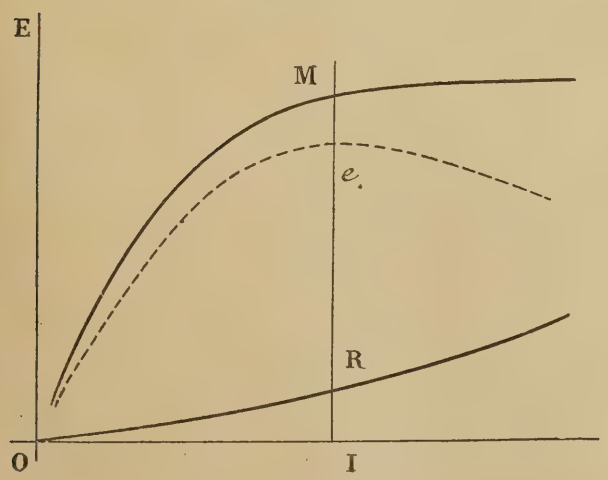


Fig. 23

n'est pas applicable aux dynamos excitées en dérivation. Nous avons que pour ces machines, la force électromotrice induite ne dépend que de la section du fil et non de sa longueur. La mise en court-circuit ne modifierait donc en rien cette force électromotrice.

On ne peut donc opérer ainsi que pour des machines à excitation indépendante.

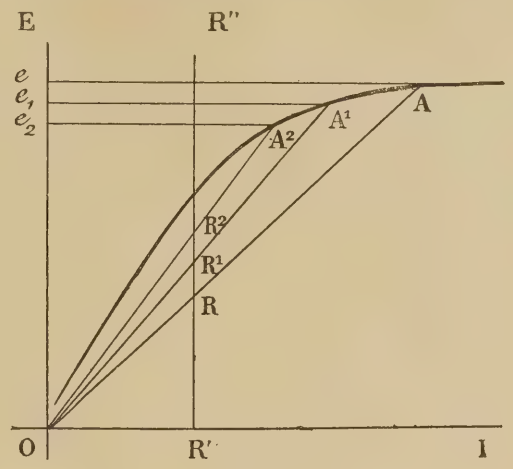


Fig. 24

L'épure que nous avons indiquée pour le cas précédent peut alors se répéter ; mais ce sont des ampères-tours que l'on obtient sur les abscisses, au lieu d'être des nombres de tours.

Le reste dépend alors des propriétés de la source

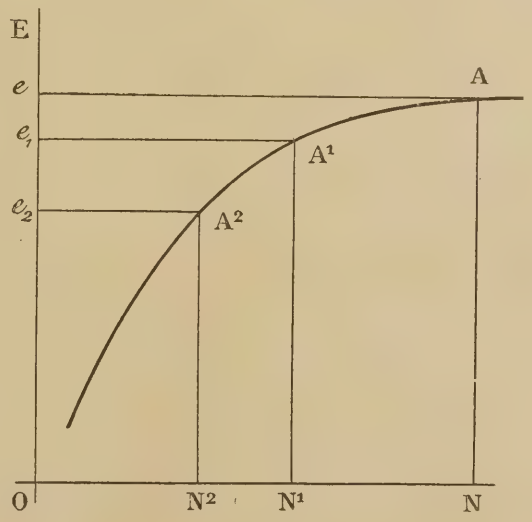


Fig. 25

du courant excitateur ; de ces propriétés dépend une certaine liaison entre N et I. Mais en supposant même les cas les plus simples, comme par exemple le cas d'une source à potentiel constant,

la solution dépend de l'intersection d'arcs d'hyperboles. Aussi, la complication du tracé sera généralement hors de proportion avec son utilité; et ce mode de réglage sera négligé en faveur de l'un des modes précédemment étudiés.

Double enroulement.

Nous avons supposé jusqu'ici que les machines dynamo-électriques considérées étaient pourvues d'un seul enroulement de fil, qui était parcouru t par un courant auxiliaire, soit par le courant principal, soit enfin par un courant dérivé des balais.

Un grand nombre de machines sont maintenant construites avec un enroulement double dit « *Compound* ». Le but de ce double enroulement est d'obtenir automatiquement la régulation des machines suivant une loi donnée.

Le plus généralement, le but qu'on se propose est d'obtenir une différence de potentiels constante, soit aux balais, soit en deux points donnés du circuit, qui seront généralement les bornes de l'appareil récepteur.

On n'emploie qu'assez rarement une excitation auxiliaire; le plus généralement les deux enroulements sont parcourus, l'un par le circuit principal, l'autre par le circuit dérivé.

Excitation par source indépendante et dérivation. — L'effet d'une excitation auxiliaire indépendante est de déplacer l'axe des forces électromotrices vers la droite dans les épures. Elle fait exactement le même effet que ferait un magnétisme rémanent très-intense.

Si donc cette excitation donne un produit de N I ampères-tours, il suffira de prendre (fig. 26) O O′ — N I et le nouvel axe sera O′ E′. Si O′ R est la droite dont l'inclinaison représente la résistance d'un circuit dérivé pour l'excitation, M P sera la force électromotrice de la machine ainsi excitée.

Pour obtenir la différence de potentiels aux balais, la construction serait exactement la même que précédemment; O′ K représentant les volts absorbés pour un courant I, on aurait M P pour force électromotrice à ce régime, et M′ P comme différence de potentiels aux balais.

On voit donc que tout revient, en somme à travailler avec des valeurs du champ plus élevées et surtout plus éloignées des grandes courbures.

Le résultat est que les courbes de forces électromotrices et de différences de potentiels s'abaissent moins vite que si la machine était dépourvue de l'excitation auxiliaire.

Il ne faudrait cependant pas attribuer au double enroulement, ainsi qu'on l'a fait souvent, cette propriété spéciale, qui est généralement très avantageuse.

Elle est une conséquence de la forme de la courbe des champs magnétiques. Or cette forme dépend de la valeur absolue de l'excitation, mais nullement de la manière dont elle est réalisée.

Une machine en dérivation munie d'un fil con-

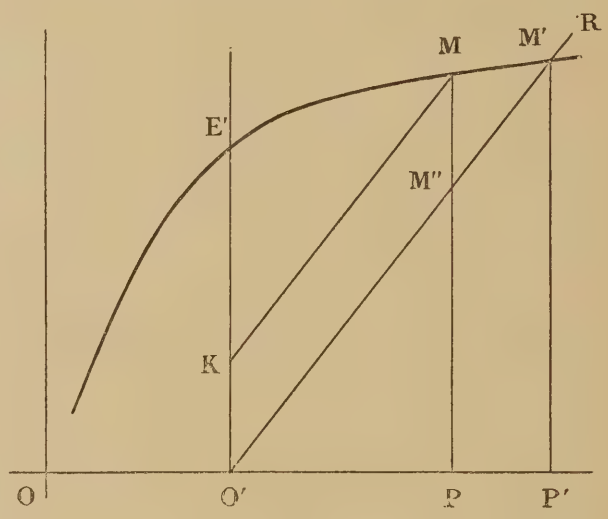


Fig. 26

venable tel que O M′ (non tracé sur la figure) donnerait la même force électromotrice à circuit ouvert. A circuit fermé, la force électromotrice serait un peu différente de celle que donnerait le double enroulement, mais toujours très voisin.

Excitation par source auxiliaire et courant principal. — Par ce mode de double enroulement, les propriétés de la machine diffèrent assez peu de celles qu'aurait la machine à excitation simple.

Soit O E_0 la courbe des forces électromotrices à une vitesse donnée, et O R la courbe qui représenterait les volts absorbés à l'intérieur (fig. 27).

La différence de potentiels aux balais serait représentée par O e_0, dont le maximum correspondrait à l'ordonnée du point P.

Si l'on fait une excitation auxiliaire présentée par O O′, la courbe *o* R doit être reportée en O′ R′.

Sa courbure étant très faible, pourra être considérée pratiquement comme étant la même en C′ qu'en C. Par suite, le maximum de la différence de potentiels aux balais M e_1, serait encore sur l'ordonnée du point P. La nouvelle courbe M e_1 ne différerait de O C_a que par une différence constante en sa faveur, et égale à O′ M′.

Comme cas particulier, on voit que si l'excitation indépendante était suffisamment élevée, et égale à O P, la différence de potentiels aux balais irait constamment en s'abaissant malgré l'excitation croissante. On se trouverait alors dans de très mauvaises conditions pratiques de fonctionnement.

Ce simple aperçu des propriétés de ce genre de

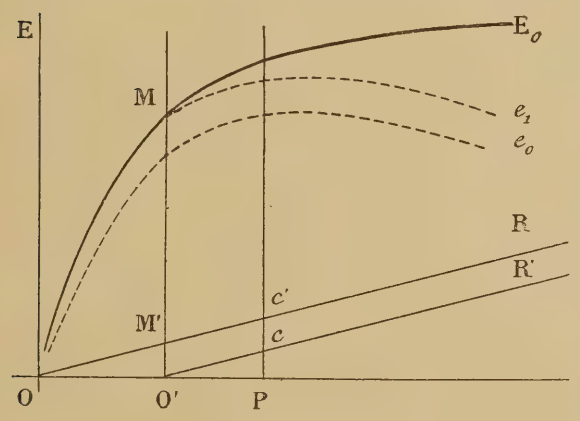


Fig. 27

double enroulement suffit à expliquer pourquoi il n'est pas usité. Il n'offre pratiquement que des inconvénients, et il n'en ressort aucune propriété nouvelle de la dynamo. Aussi n'a-t-il été jusqu'ici, appliqué à aucune machine qui soit à notre connaissance, et ne présente-t-il qu'un intérêt théorique.

Excitation par courant principal et dérivation.

Il en est autrement de ce dernier mode d'excitation. C'est le plus répandu de beaucoup, et son but est de procurer une différence de potentiels constante aux bornes de la machine. Nous sommes donc annexés à traiter ce problème avec quelque développement.

Cherchons d'abord à construire la différence de potentiels aux balais pour une machine ainsi excitée.

Considérons la machine comme excitée en série.

Soit O E_o (fig. 28) la courbe des forces électromotrices à la vitesse V choisie,

O R la courbe des volts absorbés dans l'armature, obtenue à la même vitesse V.

Les abscisses sont divisées en ampères du circuit principal I.

Un courant I produit une force électromotrice I A. Cette ligne coupe *o* R en P et P A est la différence de poientiels aux balais. C'est aussi celle qui détermine le courant dans la dérivation, elle-même reliée aux balais.

Par suite, si de P nous pouvions tracer la droite

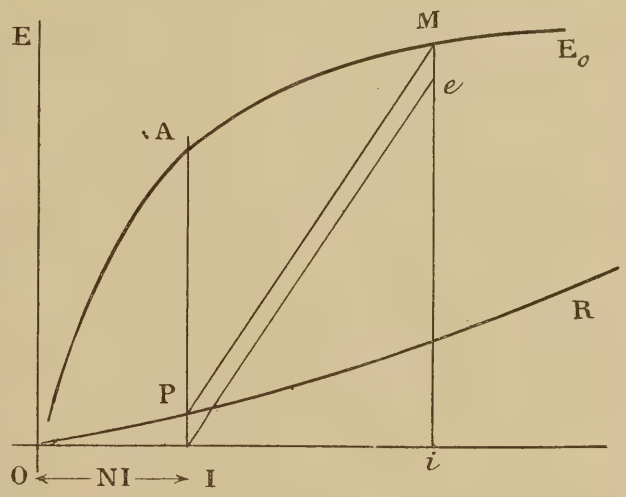


Fig. 28

P M dont l'inclinaison représenterait la résistance de la dérivation, M *i* serait la force électromotrice, et *e i* serait la différence de potentiels aux balais de la dynamo ainsi doublement excitée.

Pour tracer cette droite, il suffit de remarquer que si l'on connaît les nombres de tours N et *n* du gros fil et du fil fin, on a, à excitation égale

$$n\,i = \mathrm{N\,I}$$

Donc : 1 ampère dans la dérivation équivaut à $\frac{n}{\mathrm{N}}$ ampères du circuit principal, et est mesuré par une longueur d'abscisse qui est $\frac{n}{\mathrm{N}}$ fois plus grande que celle de I.

Si, par exemple, on a pris une échelle de 10 millimètres par ampère principal, et que $\frac{\mathrm{N}}{n}$ soit

égal à 20, il s'en suivra que 1 ampère en dérivation sera représenté par 200 millimètres.

Les points M et *e* sont donc aussi déterminés.

En répétant la même construction pour tous les points I, on obtiendra ainsi la courde *e* des différences de potentiels aux balais pour des enroulemenis déterminés.

Cette ligne *e* pourra-t-elle être une horizontale, c'est-à-dire aura-t-on une différence de potentiels constante aux balais, ainsi qu'on se l'est proposé ?

L'épure montre que pour que cela soit, il faudrait que les courbes A E et O R soient parallèles dans toute leur région utilisée.

Or, O R est généralement presque rectiligne, avec une faible convexité vers l'axe des abscisses ; A M est aussi à peu près rectiligne à partir d'un certain point, mais avec sa concavité vers le même axe.

Par suite, on ne peut espérer qu'une approximation, mais elle peut être pratiquement satisfaisante.

Il est cependant possible, si l'inclinaison de *o* R était trop grande, qu'on ne puisse pas arriver à une solution convenable. Cela serait dû, généralement à une trop faible valeur absolue du champ magnétique.

Pour traiter le problème synthétiquement, il faut déterminer les quantités N, *n* et *i*.

La valeur de l'excitation par le fil fin est immédiatement déterminé par la considération de la force électromotrice initiale E_0 qui est bien déterminée. On traite alors ce problème comme celui d'une machine excitée en dérivation simple, en se guidant sur les considérations développées au paragraphe relatif à l'*Étude des bobinages d'excitation*.

La seule inconnue est alors N.

Pour l'obtenir : sur l'épure (fig. 28) on divise les abscisses en ampères-tours, et en ampères d'excitation, d'après les valeurs de *n* et de *i* qu'on vient de déterminer.

Cela fait, il faut tracer une série de courbes O R, en prenant une unité de longueur variable et arbitraire pour représenter un ampère dans le circuit principal. L'une des courbes ainsi obtenues sera plus que les autres, rapprochée du parallélisme avec A M. C'est celle qu'il conviendra de choisir.

Alors, le rapport qui existera entre les longueurs qui représentent respectivement *i* et I, donnera précisément le rapport $\frac{n}{N}$ des nombres de tours. Comme *n* est connu d'après ce qui précède, on en tire de suite N.

Pratiquement, on arrivera facilement à ne tracer que deux courbes *o* R.

On tracera la première avec une unité de longueur pour l'ampère choisie un peu arbitrairement ; et on verra immédiatement de quelle quantité il faut allonger proportionnellement les abscisses (ou, réduire les ordonnées) pour obtenir le meilleur parallélisme possible.

R.-V. Picou

(*A suivre*)

ÉTUDE SUR L'ORIGINE DE

L'ÉLECTRICITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

ET SUR LES GRANDS

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES DE L'ATMOSPHÈRE (1)

Nous passons maintenant à un autre ordre de recherches.

Une expérience de Pouillet, mal interprétée par son auteur, avait accrédité pendant longtemps la croyance que, lorsque les particules aqueuses passent de l'état liquide à l'état gazeux, elles acquièrent une charge positive. Partant de là, on voulait que l'évaporation de l'eau fut la principale source de l'électricité de l'atmosphère. On est revenu de ces idées, si bien qu'aujourd'hui l'on conteste qu'il y ait aucun dégagement d'électricité pendant l'évaporation de l'eau. C'est peut-être aller trop loin. D'après mes vues théoriques, la vapeur d'eau serait négative par rapport à l'eau d'où elle provient. Je n'insisterai pas néanmoins sur ce sujet qui demeure soumis au contrôle bien difficile de l'expérience.

Je me propose d'étudier, au point de vue électrique, non pas le passage des particules de l'eau de l'état liquide à l'état de vapeur, mais les circonstances qui, dans la nature, accompagnent ce passage. Ce travail n'avait pas été fait ; l'on verra qu'il comble une lacune assez importante dans la physique générale.

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 1er janvier 1887

De l'évaporation sur les masses d'eau. — A n'examiner les choses que superficiellement, on croirait que l'évaporation est entièrement limitée à la surface libre des liquides. Cependant il ne peut pas en être ainsi : le point de vaporisation est déterminé uniquement par deux variables, la chaleur et la pression; rien ne nous autorise donc à localiser le phénomène de l'évaporation dans une couche superficielle. Généralement l'activité de l'évaporation est maximum à la surface; mais elle n'est pas nulle pour cela dans la masse du liquide.

Cela posé, il est évident que les particules aqueuses vaporisées au dessous de la surface tendent à s'échapper par la surface, et que, avant d'atteindre l'atmosphère, elles ont subi un contact ou un frottement plus ou moins prolongé avec l'eau. Théoriquement, il serait à prévoir que la vapeur d'eau est alors négative.

De l'évaporation sur les parties solides des continents. — Sur le sol des continents l'évaporation est encore moins superficielle que sur les masses liquides; la vapeur d'eau qui s'en dégage provient de l'eau qui imbibe les matières terrestres et que la capillarité ramène des profondeurs du sol vers la surface. Or, cette eau qui s'infiltre à travers des couches terreuses chaudes doit se vaporiser, du moins en partie, à l'intérieur même des couches profondes ou superficielles. C'est donc après un assez long contact ou frottement avec les particules solides humidifiées que la vapeur arrive dans l'atmosphère. Les phénomènes électriques produits sont alors identiquement les mêmes que dans la machine hydro-électrique d'Armstroug: la vapeur d'eau emporte avec elle de l'électricité positive.

Auprès de ces phénomènes inséparables de l'évaporation sur notre globe, il en est quelques autres, dont nous allons parler.

On sait que l'eau prend, en se combinant avec les acides, l'électricité négative, tandis qu'elle prend la positive, lorsqu'elle est en présence des bases. Lorsqu'un sel neutre en dissolution concentrée s'unit à l'eau, celle-ci se comporte comme une base et prend l'électricité négative. Les phénomènes électriques sont inverses, lorsque l'eau se dégage d'une combinaison.

Je me suis posé la question suivante : lorsque, en se dégageant d'une combinaison, l'eau se transforme partiellement ou totalement en vapeur, cette vapeur est-elle électrisée, et de quel signe? Cette question n'avait été traitée que d'une manière indirecte et, de plus, les expériences qui lui sont relatives ont été contestées.

Les deux principaux points que je viens de citer, à savoir si la vapeur d'eau s'électrise par frottement en remontant à travers les particules solides humidifiées de la croûte terrestre et si la vapeur d'eau qui se dégage d'une combinaison est électrisée, ont été pour moi l'objet d'une longue suite d'expériences.

Je ne rapporterai ici que celles qui ont un rapport immédiat avec le sujet qui nous occupe.

Deux méthodes expérimentales ont été suivies ; voici la plus parfaite :

La figure schématique ci-jointe en montre la disposition. A est un dé de platine dans lequel

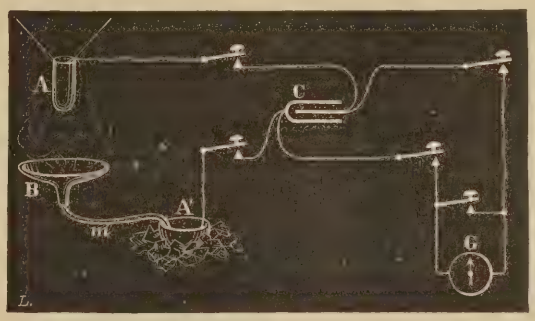


Fig. 1.

on a congelé de l'eau, ou qu'on a simplement rempli d'eau à basse température, 1° ou 2°. B est le vase d'évaporation, en verre. A est suspendu par deux fils de soie à deux isoloirs à acide sulfurique, B est supporté par un isoloir à acide sulfurique. Pour activer l'évaporation on envoie, au moyen d'un réflecteur, les rayons calorifiques d'une source quelconque de chaleur sur le contenu du vase B. Ce vase porte à sa partie inférieure une tubulure par laquelle on introduit une mèche de coton *m* qu'on a soin d'épanouir ou de tortiller sur le fond du vase; un petit bouchon de liège passé dans la tubulure avec la mèche empêche le liquide contenu en B de s'écouler, en même temps qu'il ralentit, par la constriction exercée sur la mèche, le mélange de l'eau du vase B avec l'eau distillée dont la mèche est imbibée. L'autre extrémité de la mèche plonge dans une capsule de platine A' qui est entourée de glace ou immergée dans l'eau froide, selon que

A contient de la glace ou de l'eau froide. Pour assurer la continuité du circuit, on met quelques gouttes d'eau distillée au fond de la capsule A'. Enfin des fils de platine relient A et A' à la clé qui précède le condensateur.

La vapeur d'eau contenue dans l'air se condense sur la surface intérieure de la capsule A' ; de sorte que l'action de contact platine-eau condensée est répétée sur les deux armatures du condensateur, et par suite annulée. Si A et A' ne reçoivent à leur surface que l'eau condensée provenant de la vapeur d'eau contenue dans l'air, le galvanomètre demeure immobile, et cela parce que, ainsi que je viens de le dire, les actions de contact sont répétées sur les armatures du condensateur, et parceque l'eau de condensation a dû posséder de part et d'autre des charges de même signe. Mais si nous vaporisons en B de l'eau, dans des conditions particulières et de nature à développer de l'électricité, la vapeur ainsi dégagée allant se condenser sur le dé A pendant que le contenu du vase B est en relation avec la deuxième armature du condensateur, il s'ensuit que les armatures du condensateur prendront nécessairement des charges de même signe que celles de A et de B, à moins qu'une cause d'erreur ne soit introduite par la mèche de coton. Des précautions particulières doivent être prises de ce côté : la mèche doit être de faible grosseur, longue, bien humectée d'eau distillée ; de plus il faut éviter de trop prolonger l'expérience. C'est surtout lorsqu'il se passe en B un phénomène chimique que cette dernière précaution doit être rigoureusement observée.

J'ai reconnu que l'emploi de la glace avait quelques inconvénients, c'est pourquoi dès la quatrième expérience j'ai substitué à la glace l'eau froide. Les résultats sont un peu amoindris, mais ils gagnent en netteté.

Dans ces expériences comme dans la précédente, on ne peut pas songer à prendre les valeurs numériques des quantités d'électricité dégagées. Le galvanomètre indique uniquement le sens de la différence de potentiel créée entre les armatures du condensateur. Cependant, en se plaçant dans des conditions de température autant que possible identiques, on obtient pour les diverses expériences des résultats qui, jusqu'à un certain point, sont comparables ; les rapports des couples de torsion donnent alors une approximation des rapports des quantités d'électricité. Ces rapports nous sont d'une grande utilité, puisqu'ils nous indiquent les relations d'intensité des diverses sources d'électricité que nous faisons intervenir pendant l'évaporation. C'est pourquoi la température de vaporisation dans le vase B a été systématiquement fixée à 30 degrés.

Deux séries d'expériences ont été faites. Dans la première on a voulu étudier l'électrisation de la vapeur d'eau qui se dégage des parties intérieures du sol en filtrant à travers les interstices des particules solides, et vérifier si le phénomène hydro-électrique de la machine d'Armstrong pouvait réellement s'y produire.

Dans la seconde, on a examiné le dégagement d'électricité qui pouvait résulter de la séparation de l'eau, sous forme de vapeur, des combinaisons chimiques qui se produisent le plus fréquemment à la surface du globe.

La première série d'expériences n'a donné que des résultats un peu incertains. Ayant mis dans le vase B des matières inoxydables réduites en petits fragments, telles que de la brique pilée, du verre pilé, du marbre ou du granit concassés, du sable bien lavé, toutes matières imbibées d'eau distillée, j'ai vu seulement, avec la brique et le granit, le galvanomètre dévier de 1 ou 2 millimètres, en indiquant que la vapeur condensée était positive. Cependant, en chauffant un morceau de brique réfractaire jusqu'à 60 degrés et le plaçant tout imbibé dans le vase B, au fond duquel j'avais eu la précaution de mettre un peu d'eau distillée, j'ai obtenu un écart galvanométrique de 5 millimètres.

Les expériences relatives aux actions chimiques ont été plus intéressantes.

L'évaporation de l'eau ordinaire à 30 degrés a dévié le galvanomètre de 6 millimètres. Il est clair que cet écart doit varier suivant la teneur de l'eau en sels. La vapeur était positive.

L'eau de mer en s'évaporant à 30 degrés a donné des quantités d'électricité assez grandes. Pour maintenir la déflexion galvanométrique dans les limites ordinaires de mes expériences, j'ai fait intervenir le réducteur, c'est-à-dire un condensateur en opposition dont la capacité est 1/2 de celle du condensateur d'expérience. J'ai encore trouvé un écart galvanométrique moyen de 37 millimètres. C'est le résultat le plus élevé que j'aie obtenu. La vapeur d'eau était positive.

Avec la plupart des terres, la vapeur d'eau est encore positive. La terre arable, les sables terreux, donnent les meilleurs résultats, avec les argiles.

Les écarts galvanométriques moyens varient entre 15, 22, 27, 37 et 39 millimètres, sans réducteur. Il y a quelquefois un peu d'indécision.

Un phénomène singulier est offert par le terreau mêlé de sesquioxyde de fer; la vapeur est tantôt positive, tantôt neutre, tantôt négative, et lorsqu'elle est négative, son électrisation est plus grande que lorsqu'elle est positive. Peut-être faut-il voir dans ces faits, une relation avec l'hypothèse d'A. Thénard, d'après laqnelle les matières humiques s'oxyderaient aux dépens du sel de fer; le sesquioxyde, empruntant à l'eau de l'oxygène, passerait à l'état de peroxyde, céderait alors de l'oxygène aux matières humiques et retournerait à l'état de sesquioxyde pour recommencer le même cycle.

En résumé et d'une manière générale, mes expériences démontrent que la vapeur d'eau qui se dégage des combinaisons chimiques produites à la surface du globe est électrisée, et que celle qui se dégage des mers, emporte des quantités importantes d'électricité. Dans la grande majorité des cas, la vapeur d'eau est électrisée positivement.

CHAPITRE II

ORIGINES ET GRANDS PHÉNOMÈNES DE L'ÉLECTRICITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

Les recherches qui viennent d'être exposées démontrent qu'il ne se dégage pas de notre globe une parcelle de vapeur qui ne soit électrisée, et que le potentiel de la vapeur d'eau s'élève lorsqu'elle se condense ou se cristallise.

L'électricité de l'atmosphère a encore d'autres origines, parmi lesquelles la plus importante est le frottement. Il est certain que par son frottement contre le sol et les végétaux humides, peut-être même contre la crête des vagues, l'atmosphère s'électrise positivement. La terre avec son atmosphère, constitue une gigantesque machine d'Armstrong, et une machine qui doit fonctionner activement pendant les tempêtes. Dans l'intérieur de l'atmosphère, les frottements n'ont qu'une importance tout-à-fait secondaire, et dont on se fait en général une idée inexacte. L'électricité qui serait dégagée par le frottement des couches atmosphériques, n'a jamais été observée par personne, et l'observation électrique des vents ne prouve absolument rien à ce sujet. On a parlé aussi du frottement de l'eau contre la glace et laissé entrevoir que les nuages de glace en prenant part aux tempêtes, dégageraient, par frottement contre les particules aqueuses de l'electricité. Les observations de M. Hildebrandson ont prouvé que, loin de se précipiter dans les cyclones, les cirrhus les fuient. Restent deux cas où ce genre de frottement est admissible, les chutes de neige et de grêle.

On a voulu rapporter les phénomènes électriques de l'atmosphère à quelques autres origines, notamment à l'induction électromagnétique, et à l'existence sur la terre d'une charge négative permanente. Je n'ai pas à discuter ces hypothèses: d'ailleurs, il est démontré que la première est inadmissible, et que la seconde est improbable.

Quelques physiciens pensent que la végétation est une source d'électricité pour l'atmosphère. Nous n'avons malheureusement à ce sujet aucune observation bien certaine.

Ayant terminé par ce court aperçu notre étude sur les origines de l'électricité de l'atmosphère, il nous reste à parler des grands phénomènes auxquels elle donne lieu. C'est ce que nous allons faire brièvement.

Un nuage n'est pas un conducteur, mais un système de petits conducteurs, chaque particule de vapeur ou de glace formant en soi un petit conducteur séparé des autres petits conducteurs par un diélectrique qui est l'air.

Nous déduirons de cette donnée quelques conséquences théoriques importantes.

Les conducteurs particulaires des nuages peuvent être, dans l'atmosphère, électrisés par conduction ou par induction, et déchargés par conduction, soit qu'ils entrent en contact avec d'autres particules, soit que le diélectrique s'y prête.

Dans un nuage, que nous supposerons isolé dans l'espace, et dont toutes les particules sont électrisées de même signe, il ne peut y avoir qu'une seule particule en équilibre stable.

Si ce même nuage était placé dans un champ électrique, pas une de ses particules ne serait en équilibre stable. Ces deux principes sont l'un, une conséquence du théorème d'Earnshaw, l'autre l'énoncé même de ce théorème.

Lorsque deux systèmes géométriquement semblables sont électrisés à des potentiels donnés, si le diélectrique qui sépare les conducteurs possède dans le premier système une capacité inductive plus élevée que dans le second, les forces

électriques qui s'exercent entre les conducteurs sont, dans les deux systèmes, dans le rapport des coefficients d'induction spécifique des diélectriques. Si, les capacités inductives des diélectriques dans les deux systèmes étant inégales, les conducteurs possèdent des charges données, le rapport des forces électriques qui s'exercent entre les conducteurs varie en raison inverse des pouvoirs inducteurs.

L'air humide ayant un coefficient d'induction spécifique plus grand que celui de l'air sec, en supposant, ce qui n'est pas contraire à l'expérience, que ce coefficient varie comme le degré d'humidité de l'air, et que l'on fasse croître d'une manière continue le degré d'humidité de l'air servant de diélectrique dans un système de conducteurs, pour un potentiel donné, les forces attractives ou répulsives croîtront avec le coefficient d'induction spécifique du diélectrique, c'est-à-dire avec le degré d'humidité, tandis que, pour des charges données, les mêmes forces varieront inversement.

Soit un nuage dont toutes les particules sont électrisées de meme signe. Lorsque, dans la partie de l'atmosphère qui contient ce nuage et confine à la surface du sol, l'humidité de l'air varie, plus elle est grande et plus les forces électriques qui s'exercent entre les particules du nuage et entre ce nuage et la terre augmentent, pour des potentiels donnés, et plus elles diminuent, pour des charges données.

D'après cela, il est apparent que si l'on pouvait transporter un nuage composé d'un nombre invariable de particules à des potentiels donnés invariables, dans les régions intermédiaires comprises entre un pôle et l'équateur, en le maintenant toujours à la même distance de la terre, supposée dépourvue d'aspérités, on verrait les forces électriques croître du pôle à l'équateur, ou inversement décroître de l'équateur au pôle.

Si les particules du nuage avaient possédé des charges invariables, les forces électriques auraient crû de l'équateur au pôle et décru du pôle à l'équateur.

Dans les altitudes moyennes et basses de l'atmosphère active, nous voyons les phénomènes électriques suivre une décroissance très marquée lorsqu'on va de l'équateur vers un pôle. Il est donc certain que les charges diminuent plus vite encore que les potentiels, cela, bien entendu, d'une manière générale.

Les considérations précédentes sont applicables à un nuage qui s'abaisse vers la Terre ou qui s'élève, parce que les couches atmosphériques inférieures sont les plus humides. Mais ici, deux nouveaux facteurs entrent en ligne, la pression et la distance.

Lorsque des masses nuageuses électrisées se déplacent en allant de l'équateur vers le pôle, leurs charges et potentiels faiblissent plus rapidement que ne l'indiqueraient les principes précédents. Cela tient à ce que l'atmosphère se décharge incessamment, par conduction, sur la Terre. En se guidant sur l'observation des électromètres, on a assigné à la surface de potentiel zéro une faible hauteur au-dessus de la Terre. Je ferai remarquer que rien ne prouve que cette surface de potentiel zéro soit unique, et qu'au contraire les observations récentes faites en ballon, c'est-à-dire les seules observations qui puissent nous renseigner sur cette matière, semblent démontrer qu'elle n'est probablement pas unique.

Dans les pays froids les orages sont inconnus. Par un phénomène bizarre certains pays tropicaux sont dans le même cas. Les premiers sont abrités des orages par leur distance de l'équateur, car, arrivées dans les régions polaires, les masses atmosphériques ont perdu beaucoup d'électricité. Les seconds sont très secs et ne connaissent pas la pluie ; les masses d'électricité sont, dans ces parages, doublement isolées du sol par la distance verticale et par la sécheresse de l'air.

L'attraction et la répulsion électriques jouent un rôle important dans les phénomènes atmosphériques. Par suite des répulsions internes, les nuages tendent à prendre des contours arrondis et les grandes masses nuageuses une forme discoïdale, en présence de la Terre électrisée de signe contraire. L'attraction électrique maintient, contrairement aux règles normales de la circulation atmosphérique, les vapeurs chaudes des orages et des tempêtes à un niveau peu élevé. Son intervention est visible dans la formation des gouttes de pluie, et surtout dans les pluies orageuses où la grosseur des gouttes est un caractère générique. Un refroidissement brusque, une compression violente, comme il s'en produit au moment de l'explosion de la foudre, produisent la condensation des vapeurs atmosphériques, mais sous forme de gouttelettes de petite grosseur ; l'attraction électrique en intervenant fait équilibre pendant quelque temps à la pesanteur et maintient la

goutte d'eau à l'intérieur du nuage, jusqu'à ce qu'elle ait acquis un certain volume. C'est apparemment grâce à un phémomène semblablr d'attraction que les grêlons peuvent séjournee pendant un temps assez long dans l'atmosphère et grossir au point de peser quelquefois plusieurs centaines de grammes. Il n'est pas jusqu'aux aiguilles de givre où nous ne retrouvions l'action apparente des forces électriques. L'attraction électrique explique aussi comment l'atmosphère suit la Terre dans son mouvement de rotation.

Il n'y a pas que des phénomènes électrostatiques qui soient produits dans notre atmosphère. Nous allons voir que les actions électrodynamiques s'y exercent sous une immense échelle et avec des effets bien remarquables.

Peu de questions ont autant mis à l'épreuve la sagacité des météorologistes que les cyclones. En me plaçant à un point de vue exclusivement électrique, j'ai trouvé une explication simple de ces phénomènes.

La circulation normale de notre atmosphère comporte un double cycle dont l'équateur, d'une part, les pôles, d'autre part, sont les points extrêmes. La vitesse de translation générale dans ce cycle est assez constante, du moins dans les nappes qui descendent de l'équateur vers les pôles. Il n'en est pas de même de l'activité de l'évaporation à la surface du globe, laquelle est troublée par le fait même de son manque d'équilibre avec la circulation normale. Lorsque les vapeurs surabondent, ne trouvant pas d'issue dans le haut del'atmosphère active, elles s'amoncèlent dans les régions moins élevées. Ces vapeurs arrivant dans l'atmosphère déjà électrisées, l'attraction que la Terre exerce sur elles ne peut que ralentir leur ascension et favoriser leur accumulation non loin du sol. Les forces électriques répulsives qui s'exercent à l'intérieur de ces vapeurs, combinées avec l'attraction électrique de la Terre, tendent à donner à leur ensemble la forme d'un disque. Un moment arrive où ces masses sont entraînées par la circulation générale vers les pôles, et cela avec une vitesse de translation assez grande et sans changement important de niveau. Le déplacement de ces grandes masses d'électricité, masses qui s'accroissent par de nouveaux apports de vapeur et par le frottement contre le globe terrestre, constitue un courant d'électricité positive qui progresse de l'équateur vers les pôles.

La Terre n'est vraisemblablement pas un aimant; l'existence d'un noyau central est douteuse, et Gauss a démontré que chaque mètre cube de terre devrait, en raison de l'intensité du magnétisme terrestre, posséder une aimantation terrestre équivalant à celle de 8 barreaux d'acier pesant chacun 500 grammes et ayant 50 centimètres de longueur. Selon les plus grandes probabilités, la direction de l'aiguille aimantée est imputable à des courants terrestres dont l'origine n'est pas exactement connue. Proviennent-ils de différences de potentiel dues à l'inégalité de température des hémisphères éclairé par le soleil et obscur, ou de la rotation du conducteur terrestre en présence de l'aimant ou du solénoïde, ou de la sphère électrisée qui nous envoie la lumière, le Soleil? L'observation des courants telluriques n'a encore rien appris à ce sujet. Quoi qu'il en soit, les courants qui dirigent l'aiguille aimantée créent un champ magnétique résultant. D'après l'orientation de l'aiguille, ce champ équivaut à celui d'un courant allant de l'est à l'ouest en suivant l'équateur magnétique.

Or, d'après le principe connu, l'action électrodynamique qui s'exerce entre deux courants angulaires tend à les rendre parallèles dans le même sens. Donc, de part et d'autre de l'équateur, le courant dont nous venons de parler agira sur les courants positifs pour les dévier vers l'ouest. Mais ces courants positifs sont des masses de vapeurs électrisées que la circulation générale entraîne vers le pôle. Ces deux forces, en agissant simultanément, font tourner sur elles-mêmes les masses électriques qui cheminent vers les pôles, et avec elles les vapeurs qui leur servent de véhicule.

Il est aisé de voir que ces vapeurs électrisées positivement tourneront *sinistrorsum* dans l'hémisphère Nord et *dextrorsum* dans l'hémisphère Sud. Des masses positives qui marcheraient des pôles vers l'équateur tourneraient, dans les deux cas, en sens inverse.

Or, les sens de ces girations sont précisément ceux des cyclônes et des anticyclônes dans les deux hémisphères magnétiques. Bien qu'il soit assez difficile de soumettre cette hypothèse au calcul, je suis arrivé, par une estimation approximative, et en suivant la méthode de Clausius, à un chiffre qui est en rapport avec la force vive dépensée dans les tempêtes. Il est donc fort probable que la giration des cyclônes est de nature électrodynamique.

Quant aux orages, ce ne sont, en général, que

des manifestations secondaires des tempêtes, qui apparaissent lorsque la tension électrique est élevée. Ils entrent dans le cadre des phénomènes naturels de l'électricité tels que je les conçois. On me dispensera de leur consacrer une étude spéciale.

FIRMIN LARROQUE

PRÉDÉTERMINATION DES

CARACTÉRISTIQUES DES MACHINES

DYNAMO-ÉLECTRIQUES (1)

Avant d'aborder la recherche de la partie utile de la courbe en question, on peut exposer, par analogie avec les lois qui régissent les circuits voltaïques, la conception qui est le point de départ des formules qui vont suivre.

Soient R_a une résistance (correspondant à la résistance magnétique de l'âme de l'armature) intercalée entre deux résistances $\frac{R\alpha}{2}$ représentant les deux espaces d'entre-fer; p, p les bornes d'une batterie voltaïque ayant une résistance R_f (correspondant à la résistance magnétique des inducteurs) et une force électromotrice intérieure P (correspondant à la force magnétisantee).

Si on suppose, en premier lieu, tout l'ensemble du circuit parfaitement isolé, l'intensité du courant Z_1 sera égale au rapport de P à la somme $R_a + R\alpha + R_f$. Si ensuite la batterie est supposée plongée dans un milieu médiocrement conducteur, il se formera une série de dérivations, et par conséquent entre certains points l'intensité du courant sera plus grande que l'intensité du courant utile en R_a.

Il est impossible de dire exactement comment se répartissent ces pertes par dérivation, mais il est évident que la plus importante des pertes se produit entre les bornes où la différence de potentiel est maxima, et que, étant donnés un milieu et une certaine disposition des éléments, la perte totale par dérivation peut être considérée comme approximativement proportionnelle à cette différence de potentiel entre les bornes. Si nous désignons cette dernière par p_1, l'intensité du courant perdu ζ, sera égale à $\frac{p_1}{\rho}$, expression dans laquelle ρ représente la résistance moyenne du milieu ambiant pour cette disposition spéciale de batterie.

On peut aussi, avec une approximation suffisante, donner l'expression de l'intensité du courant dans la batterie :

$$z_2 = z_1 + \zeta$$

Supposons maintenant que nous puissions donner, par un moyen quelconque, à la force électromotrice P de la batterie une valeur quelconque comprise entre o et la valeur qui produit l'intensité maxima z_1 du courant utile; il devient alors possible de déterminer la force électromotrice nécessaire pour chaque valeur de z_1 et le maximum de z_1.

A cet effet, nous déterminons la différence de potentiel entre les bornes

$$(1) \qquad p_1 = (R_a + R\alpha)\, z_1$$

la perte par dérivation est

$$(2) \qquad \zeta = \frac{p_1}{\rho}$$

L'intensité du courant total est

$$(3) \qquad z_2 = z_1 + \zeta$$

La chute de potentiel due à la résistance intérieure de la batterie

$$(4) \qquad p_2 = R_f\, z_2$$

et enfin, la force électromotrice totale

$$(5) \qquad P = p_1 + p_2$$

Une batterie immergée est comparable à un inducteur à fer à cheval, puisque celui-ci est toujours plongé dans un milieu perméable aux lignes de force magnétique. A la force électromotrice de la batterie, correspond la force

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 1er janvier 1887.

magnétisante totale qui excite l'inducteur ; aux courants Z_2, Z_1 et ζ correspondent des nombres de lignes ayant leur origine respective dans l'âme des inducteurs, passant dans l'âme de l'armature, et perdues par dérivation ; quant à l'analogie des résistances, nous l'avons déjà exposée.

Pour de faibles valeurs de l'aimantation, les résistances de l'armature et des inducteurs étant peu différentes de leurs valeurs initiales les plus basses, — qui elles-mêmes sont très petites par rapport aux résistances des dérivations, — ces pertes sont de peu d'influence sur la valeur de la force magnétisante, au début de l'aimantation ; en d'autres termes, la création de ces dérivations — ou pertes de champ — n'augmente pas matériellement la dépense d'énergie nécessaire pour produire le champ utile. Pour une aimantation plus intense, comme celle qu'on rencontre dans les conditions usuelles de fonctionnement des dynamos, il n'en est plus de même.

En premier lieu, on doit noter un accroissement considérable de la résistance de l'armature et, avec celle-ci, augmente dans une proportion encore plus grande cette partie de la force magnétisante (ou pression magnétique aux pôles, — s'il m'est permis de me servir d'une expression aussi peu scientifique) — qui est nécessaire pour faire passer le flux à travers l'entrefer et l'armature.

Il en résulte immédiatement un grand accroissement du champ perdu que doit fournir l'inducteur, accroissement qui augmente considérablement la densité des lignes, et la porte au delà de la valeur qui serait strictement nécessaire pour l'obtention du champ utile.

De là, augmentation notable de la résistance magnétique, et par conséquent aussi de la force magnétisante.

Ce fait, que le nombre des lignes créées doit être sensiblement supérieur à celui des lignes utilisées, explique d'un seul coup, la nécessité de donner à l'âme des inducteurs, une section considérablement plus grande que celle de l'âme de l'armature.

Si, dans le but de réaliser une égale densité des lignes utiles dans l'armature et dans les inducteurs, — et d'économiser ainsi du poids, — on réduit la section droite de l'inducteur à celle de l'armature, on sera dans l'impossibilité absolue de saturer cette dernière, quelle que soit la force magnétisante mise en œuvre.

Une machine ainsi construite serait par conséquent une hérésie, non seulement à cause de son trop faible VOLTAGE, mais aussi parce qu'elle ne pourrait pas être *compoundée*. Les constructeurs de dynamos, ont depuis longtemps déjà reconnu par la pratique que, pour obtenir un *haut voltage* par rapport à la longueur de fil sur l'armature, et pour que les machines soient faciles à compounder, en raison de leur caractéristique ascendante, il est nécessaire de fonctionner avec une densité magnétique élevée dans l'armature, et faible dans les inducteurs.

En un mot, si on ne considère que les lignes utiles, le rapport doit être de 5 à 6.

Avant d'employer les formules 1 à 5 pour la détermination de la force électromotrice totale, en fonction du nombre des lignes utiles dans une dynamo donnée, il est nécessaire de faire une hypothèse, relativement à l'accroissement de la résistance magnétique correspondant à l'accroissement de la densité des lignes.

Quelle que soit la relation mathématique entre ces deux quantités, elle doit être telle que, pour de faibles densités, l'accroissement de résistance soit insignifiant, alors que, pour une densité maxima bien définie dont la valeur exacte détermine la qualité du fer, cet accroissement doit être infini.

Parmi les formules que l'on pourrait établir pour remplir ces conditions, deux expressions assez simples se présentent naturellement : l'une, dans laquelle l'augmentation de résistance est supposée proportionnelle à l'inverse du quotient de la densité de saturation par la densité réelle en fonctionnement, et l'autre où elle est supposée proportionnelle à la tangente d'un arc qui représente le degré de saturation, étant donné que l'angle de 90 degrés correspondrait à la saturation absolue.

La valeur de ces deux hypothèses ou de tout autre, ne peut pas être discutée théoriquement, parce que nous connaissons encore trop peu les lois des électro-aimants.

Mais on peut appliquer l'une ou l'autre de ces hypothèses à des machines existantes et rechercher laquelle s'accorde le mieux avec les résultats de la pratique.

En procédant ainsi, j'ai vérifié que la formule en tangente donne de meilleurs résultats que l'autre et confirme les expériences avec une exactitude suffisante pour un travail pratique. Sans avoir la prétention d'expliquer scientifiquement

pourquoi cette formule est meilleure que l'autre, on peut au moins penser qu'une fonction tangentielle constitue d'une façon assez plausible la relation entre la force magnétisante et l'aimantation.

Si on imagine que le phénomène de l'aimantation consiste à rendre les axes magnétiques moléculaires parallèles aux lignes de force passant à travers le métal, tandis que la force qui s'oppose à l'aimantation (réaction du frottement moléculaire ou action attractive ou répulsive intermoléculaire) tend à orienter ces axes dans une autre position, on peut considérer chaque axe moléculaire comme l'aiguille d'une boussole des tangente évoluant dans un champ propre, et ayant une position de *zéro* différente de celles de ses voisines.

Quelle que soit la disposition de ces aimants moléculaires, on peut concevoir que l'angle moyen dont ils ont tourné, est égal à celui que décrit une molécule partie d'une position perpendiculaire a la direction de la force d'aimantation, et que — par conséquent — la tangente de cet angle donne une mesure *du courant* ou, plutôt, de la puissance excitatrice qui agit sur l'âme.

Le point faible de cette conception est qu'elle ne montre pas pourquoi l'angle de rotation serait proportionnel au nombre de lignes engendrées. Aussi je ne la présente pas comme une explication certaine, mais seulement possible. Quoi qu'il en soit le fait pratiquement important, est que, au moyen d'une fonction tangentielle, on peut déterminer l'accroissement de résistance magnétique à des degrés variables de saturation, sans trop s'écarter des résultats de l'expérience, et que, par conséquent, les mêmes formules peuvent servir à l'établissement des caractéristiques de *nouvelles machines*.

Les seules données dont nous ayons besoin en dehors de celles du projet, sont (1) Z_1, nombre maximum de lignes qu'on peut faire passer à travers l'âme de l'armature, avec une énergie magnétisante infinie; (2) Z_2, nombre maximum de lignes qu'on peut faire passer, dans les mêmes conditions, à travers l'âme de l'inducteur. Ces expressions dépendent des dimensions des âmes et de la qualité du fer; et, si nous pouvions toujours compter sur la même qualité de fer, un petit nombre d'expériences, faites une fois pour toutes, servirait pour toutes les machines futures.

En désignan trespectivement par σ_1 et σ_2 les degrés de saturation dans l'armature et l'inducteur, on aurait

$$\sigma_1 = \frac{z_1}{Z_1}$$

$$\sigma_2 = \frac{z_2}{Z_2}$$

et la résistance réelle dans l'âme de l'armature serait obtenue en multipliant la résistance initiale par

$$\frac{\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{2}\sigma_1\right)}{\frac{\pi}{2}\sigma_1}$$

et de même pour les inducteurs.

G. Kapp

(A suivre).

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Mesure des températures par les variations de résistance, par H. L. Callendar (1).

On a souvent cherché à utiliser la propriété bien connue, de la variation de résistance des métaux avec la température, comme moyen de déterminer cette dernière.

La grande sensibilité du pont de Wheatstone permet d'estimer de très faibles variations de température; et surtout, un fil métallique inaltérable constitue un thermomètre d'une grande simplicité et d'une grande commodité, dans les cas où il s'agit de mesurer des températures élevées.

Mais pour que le pont puisse jouer le rôle d'un thermomètre, il faut que le fil employé remplisse un certain nombre de conditions qui doivent être remplies par tous les thermomètres, et dont les principales sont :

L'invariabilité de l'échelle thermométrique ; dans ce cas, la même résistance doit toujours cor-

(1) *Proceedings of the Royal Society*, vol. XLI, n° 247 p. 231.

respondre à la même température; enfin les indications des divers thermomètres doivent être comparables entr'elles.

M. Callendar, du Trinity Collège de Cambridge, a étudié les variations de résistanee du platine avec la température, dans le but de l'employer à la mesure des hautes températures, auxquelles le thermomètre à air ne donne plus des résultats satisfaisants.

Le platine employé était aussi pur que possible, inaltérable, et possédait un coefficient de température très élevé, (environ 0,003). Si R_1 est la résistance d'une bobine donnée à 100 degrés C., R_0 la résistance à 0 degré, et R à la température t, les expériences de l'auteur montrent qu'avec certaines précautions, R_0 est constant à 0,01 o/o près, même si la bobine a été soumise pendant des heures à une température de 1300 degrés; ceci correspond à l'invariabilité du zéro, à quelques centièmes de degré.

2° Pour différentes parties d'un même échantillon le rapport $\frac{R_1}{R_0}$ est constant à cette même approximation, et égal à 1,3460, pour le fil étalon employé par l'auteur.

3° Pour différents fils, quoique les valeurs de $\frac{R_1 - R_0}{R_0}$ puissent différer de 3 o/o, cependant, les valeurs de $\frac{R - R_0}{R_1 - R_0}$ 100, c'est-à-dire, les variations de résistance rapportées à l'intervalle fondamental de chacun de ces thermomètres, concordent à 0,1 o/o près, pour des mesures variant de 0 à 600 degrés C [1].

La méthode de comparaison des variations de la résistance avec la température est très exacte, les deux fils sont enroulés symétriquement sur un noyau isolant (argile), et placés dans un tube en porcelaine purgé d'air, dans un fourneau à gaz, réglé pour donner une température stable, quand celle-ci est atteinte, les deux fils sont à la même température moyenne.

Les résistances sont alors mesurées simultanément au pont de Wheatstone, avec des boîtes exactes, à 0,01 o/o.

[1] Il va sans dire que ces degrés ne représentent pas les températures réelles (données par le thermomètre à air), pas plus, que la centième partie de la dilatation du mercure entre 0 et 100 degrés, ne représente un degré dans cet intervalle E. M.

En adoptant un fil comme étalon, et en y comparant les autres, des mesures de température strictement comparables peuvent se faire entre des limites très étendues.

L'auteur a comparé son pyromètre à fil de platine au thermomètre à air a volume constant, jusqu'à une température d'environ 600 degrés C.

En plaçant le fil de platine roulé en bobine dans la boule même du thermomètre à air, on n'a guère à craindre les erreurs dues à des températures inégales.

Les résultats obtenus avec trois appareils différents, en employant le même échantillon étalon, sont bien représentés par la formule exponentielle :

$$R = e^{\frac{\alpha t}{1 + \beta t}} \qquad (1)$$

où t est la température centigrade fournie par le thermomètre à air.

Les valeurs des constantes étaient :

$$\alpha = 0{,}0034259 \qquad \beta = 0{,}0015290$$

Entre 0 degré et 200 degrés C., cette courbe se rapproche beaucoup de la droite :

$$R = 1 + 0{,}003460\, t$$

Au delà des limites observées, il est préférable d'employer l'expression :

$$t = \frac{R - R_0}{R_1 - R_0}\, 100$$

on obtient ainsi des résultats comparables entre eux, si ce n'est aux températures réelles.

En comparant un autre échantillon, l'auteur a trouvé une formule de même forme avec les constantes :

$$\alpha' = 0{,}0033332 \qquad \beta' = 0{,}0015256$$

Comme on le voit, les valeurs de β sont presque identiques; on aurait ainsi, pour une même température, la relation :

$$\frac{dR}{dt} : \frac{dR'}{dt} = \frac{\alpha R}{\alpha' R'} \qquad \text{ou} \qquad \frac{\log R}{\log R'} = \frac{\alpha}{\alpha'}$$

L'auteur a comparé les variations de résistance

du fer à celles du platine; une équation de même forme que (1) correspond également bien à ce cas.

D'après les tables données par l'auteur, il résulte que de 280 à 350 degrés, l'erreur entre les températures déduites de la formule (1) et celles indiquées par le thermomètre à air, serait au plus de 0,16 degré pour une observation.

L'auteur se propose de continuer ses expériences avec des températures plus élevées et d'appliquer le thermomètre à fil de platine à d'autres recherches.

M.

Résultats pratiques des essais de machines dynamos fait à l'Institut de Franklin, par Carl. Hering.

Nous avons publié au commencement de l'année dernière [1], un extrait du rapport du Comité nommé par la direction de l'Institut de Franklin pour exécuter des mesures comparatives sur des machines dynamos (Edison et Weston).

Un des rares électriciens américains qui ne dédaigne pas de faire un peu de théorie, M. Carl. Hering, l'auteur de plusieurs études sur les machines dynamos, a publié dans le Journal de l'Institut précité (*J. of the.* F. I. décembre 1886, p. 448), une étude dans laquelle il a cherché à tirer des chiffres fournis par les essais, quelques données pour la pratique.

Dans l'état actuel, non pas peut-être de la science, mais de la technique des machines dynamos, des tableaux comparatifs relatifs aux intensités de champs magnétiques, aux vitesses moyennes, aux longueurs utiles de fil dans chaque type, et aux rendements, accompagnés des dimensions principales des machines, constituent encore la meilleure source d'informations, et la base la plus sûre pour l'établissement des projets de machines nouvelles ou la comparaison de machines existantes. — C'est une série de constantes ou de rapports semblables que l'auteur a calculé.

L'auteur a pris pour base, les essais dans lesquels les machines travaillaient à pleine charge, dans les meilleures conditions indiquées par le fabricant.

Nous rappelons ici que toutes ces machines sont des machines en dérivation, à induit en forme de tambour.

La force électromotrice dépend directement du champ, de la longueur utile du fil de l'induit et de sa vitesse; de ces quantités, la seconde peut se déduire de la force électromotrice considérée comme donnée, et de la vitesse.

Celle-ci dépend essentiellement du rayon moyen de l'induit et du nombre de tours. Dans le tableau ci-joint, le rayon moyen est calculé au moyen du rayon extérieur et du rayon de l'âme ; connaissant le nombre de tours, on trouve les vitesses périphériques indiquées colonne *e* (*voir le tableau*).

Pour pouvoir calculer la force électromotrice d'après la longueur du fil, pour des machines semblables (dont les champs seraient identiques), il faut réduire la force électromotrice à l'unité de longueur du fil utile de l'induit; comme fil utile, l'auteur considère celui qui se trouve directement entre les pièces polaires et l'armature, il y aurait naturellement une petite correction à faire à cause des lignes de force à l'extérieur du champ proprement dit, aux extrémités du tambour, et au delà du prolongement des pièces polaires ; en tout cas, les nombres trouvés sont au moins comparables pour des machines du même type.

La colonne *h* donnant le nombre total de tours de fil, pour avoir la longueur du fil actif, il faut multiplier ces nombres par le double de la longueur des pièces polaires, dans le sens de l'axe; mais comme les deux moitiés de l'armature sont reliées en arc parallèle, il faut considérer seulement la moitié de la longueur ainsi obtenue; en outre, il faut encore la multiplier par le coefficient qui représente la fraction de la circonférence du tambour soumise à l'induction, et qui est indiqué dans la colonne *j*; on obtient ainsi la longueur active, colonne *u*. En divisant la force électromotrice totale par cette longueur, on obtient l'induction rapportée à l'unité de longueur de fil, colonne *m* ; c'est naturellement l'induction moyenne.

Si l'on élimine la vitesse, en divisant les nombres précédents par la vitesse périphérique, on obtient les chiffres de la colonne *n* qui représentent les champs magnétiques moyens [1].

(1) Voir *La Lumière Électrique*, n° 8, 1886.

(1) Si les mesures de longueur avaient été faites en cms, ce seraient les champs magnétiques moyens, exprimés en unités C. G. S. au facteur 10^8 près; pour obtenir cette quantité, il suffit de multiplier les chiffres de la colonne *n* par le facteur 107500, en admettant, bien entendu, la représentation de l'auteur, et en faisant abstraction des phénomènes de self-induction. E. M.

Les chiffres de la colonne *n* montrent que les champs magnétiques sont plus intenses dans les machines Edison que dans les machines Weston. (Le chiffre relatif à la machine Edison n° 4, est incertain, la vitesse n'étant connue dans ce cas que par analogie).

	Dimensions des machines et constantes calculées	ÉDISON n° 4	ÉDISON n° 5 ou T	ÉDISON n° 10 ou S	ÉDISON n° 20 ou H	WESTON 6 M	WESTON 6 W. I.	WESTON 7 M
a	Diamètre extérieur de l'armature (en pouces)	7 06	7 88	10 63	10 63	8 03	8 25	9 38
b	Diamètre intérieur ou diamètre de l'âme...	6 25	7 06	9 69	9 69	7 39	7 41	8 60
c	Diamètre moyen.....	6 66	7 47	10 16	10 16	7 71	7 83	8 99
d	Nombre de tours par minute.....	1600	1401	1209	1092	1115	1257	1044
e	Vitesse périphérique moyenne (en pieds par seconde).....	46 5	45 6	53 6	48 2	37 4	43 0	41 0
f	Nombre de sections ou de bobines.....	50	50	64	44	72	56	64
g	Nombre de tours de fil par bobine.....	2	2	1	1	2	2	2
h	Nombre total de tours.....	100	100	64	44	144	112	128
i	Distance moyenne entre les extrémités des pièces polaires (en pouces).....	2 69	2 313	3 50	4 88	2 52	2 58	2 94
j	Partie active de la circonférence de l'induit en o/o.....	76	80	80	71	80	80	80
k	Longueur des pièces polaires ou de l'âme de l'armature (en pouces) dans le sens de l'axe.....	12	13	16 5	29 5	14	14	16 5
l	Force électromotrice totale en volts.....	131 9	181 5	129 4	129 6	127 17	136 2	165 6
m	Induction moyenne en volts par pied de fil utile.....	1 73	1 52	1 84	1 69	0 95	1 30	1 18
n	Force électromotrice par pied de fil pour une vitesse de un pied par seconde.....	0 0373	0 0332	0 0343	0 035	0 0254	0 0303	0 0287
o	Intensité moyenne du champ (lignes de force par pouce carré).....	25900	23000	23800	24260	17630	21000	19900
p	Nombre total de lignes de force utiles.....	2660000	3090000	5250000	8600000	2490000	3042000	3860000
q	Puissance d'excitation en chevaux.....	0 394	0 401	0 675	0 862	0 207	0 402	0 498
r	Nombre de lignes utiles par watt dépensé pour l'excitation (rendement relatif des inducteurs).....	90 2	103 1	104 1	133 5	161 1	101 5	103 7
s	Longueur de fil d'une bobine en pouces...	92	102	68	98	154	151	160
t	Longueur totale du fil dans l'armature, en pieds (les fils en arc parallèle, compté pour centimètres).....	383	425	363	359	924	705	853
u	Longueur active en pieds.....	152 0	173 4	140 8	153 6	268 8	209 0	281 6
v	Rapport du fil actif au fil total en o/o.....	40	41	39	43	29	30	33
w	Diamètre du fil de l'armature (à nu en pouc.)	0 148	0 180	0 199	0 199	0 141	0 190	0 275
x	Nombre de fils en arc parallèle.....	1	1	2	3	1	1	1
y	Courant total dans l'armature.....	84 42	103 31	205 50	392 42	72 84	100 60	128 16
z	Nombre de mills carrés par ampère.....	407	492	606	475	428	562	374
A	Puissance dépensée dans l'induit en o/o...	3 70	4 65	3 12	3 39	5 43	3 09	5 59
B	Puissance électrique totale en chevaux.....	14 93	18 23	35 67	68 25	12 43	18 39	28 47
C	Économie relative de l'armature.....	11 33	8 44	7 90	10 17	4 32	4 62	6 94
D	Rendement commercial de la machine.....	88 38	89 76	89 70	91 90	87 38	90 21	89 92
E	Épaisseur de la couche de fil en pouces....	0 407	0 406	0 469	0 469	0 322	0 420	0 390
F	Fraction du diam. occupée par le fil, en o/o	11 5	10 3	8 83	8 83	8 02	50 2	8 32
G	Rapport entre la distance des extrémités des pièces polaires et l'entre-fer.....	5	4 4	5 9	8 2	5 65	4 75	5 72
H	Rapport entre la longueur et le diamètre de l'âme de l'armature.....	1 9	1 8	1 7	3 0	1 9	1 9	1 9
I	Rapport entre la longueur et le diamètre des coussinets,.....	4 2	4 3	4 1	4 1	4 2 et 3 6	4 2 et 3 6	3 8 et 4 3
J	Force électromotrice en volts correspondant à une bobine de l'induit.....	6 7	6 25	4 9	7 2	4 2	5 9	6 1

La colonne suivante donne les champs magnétiques moyens, où le nombre de lignes de force par pouce carré, (à diviser par 6,45 pour les réduire en C. G. S.).

Pour obtenir le nombre total de lignes de forces passant d'une des pièces polaires à l'autre, il suffit, évidemment, de multiplier les valeurs des champs magnétiques par le développement total du champ, ou par la surface développée d'une des pièces polaires; les nombres ainsi obtenus en multipliant les chiffres de la colonne *o* par la surface du champ en pouces carrés,

donnent des valeurs exprimées dans le systè C. G. S.

Comme on a calculé le flux total d'induction en partant de la valeur de la force électromotrice induite, on ne tient compte que du champ utile, le flux, qui passe directement d'une pièce polaire à l'autre, sans pénétrer dans le noyau de l'induit n'y est pas inclus.

Le magnétisme total est produit par la dépense d'une certaine quantité d'énergie électrique dans les électros aimants [1]; en divisant le magnétisme total par la puissance d'excitation, on obtient les chiffres de la colonne *r*, qui permettent de juger les diverses machines au point de vue de la perfection de leur circuit magnétique; malheureusement ces chiffres sont un peu incertains, les essais du *Franklin Institute*, donnent en effet l'énergie dépensée dans les électros, en y comprenant les rhéostats de régulation; cependant comme on considère les résultats à pleine charge, ces résistances supplémentaires doivent certainement être faibles.

Les machines d'Edison, considérées ne renferment que du fer doux, tandis que celles de Weston, contiennent en outre, des parties en fonte; à ce point de vue, le résultat fourni par la machine Weston 6 W. I., n'est guère compréhensible.

Une donnée utile à connaître dans un projet est le rapport de la longueur du fil actif à la longueur totale; on connaît la première par le calcul de la force électromotrice, la longueur totale est nécessaire pour pouvoir calculer la section en fonction de la résistance admise ou inversement. Ce rapport indiqué dans la colonne *v*, varie avec chaque type de machine, mais il reste assez constant pour des machines du même type, comme on peut le voir. D'après les chiffres indiqués le tambour d'Edison serait supérieur comme enroulement à celui des machines Weston. La longueur du tambour est ici le facteur principal.

On peut déterminer la densité du courant dans l'induit, en connaissant le diamètre des fils, le nombre de fils placés en arc parallèle dans chaque bobine, et le courant total, la colonne *z* donne le nombre de mils carrés correspondant à un ampère; pour obtenir la densité du courant, ou le nombre d'ampères par mm^2, il faudrait faire le rapport : $\frac{1}{0{,}000625\,z}$, *z* étant le chiffre indiqué dans la colonne de même nom. En général, la densité se déterminera en partant d'une certaine perte de puissance correspondant à l'échauffement de l'induit; connaisant le courant total on en déduira la résistance et par suite la section du fil.

Le tant pour cent de puissance dépensé dans l'induit, est indiqué dans la colonne A. Dans les machines considérées, cette perte est en général d'autant plus grande, que la densité du courant est plus forte. La colonne suivante, C, renferme des nombres proportionnels à l'utilisation du cuivre dans l'armature, ce sont les quotients de la puissance électrique totale, par le volume du fil de cuivre de l'induit.

Ces chiffres ne donnent pas au fond une notion juste de l'appropriation de l'armature à son but, puisque l'intensité du champ y entre, il est clair qu'on peut sacrifier, sur celui-ci, en le faisant très intense pour diminuer le poids du fil de l'induit; c'est ce que montre le tableau, où la plus petite machine d'Édison, n° 4, a le plus faible poids de cuivre par unité de puissance produite, cela tient à ce que ce type a la plus grande vitesse, le champ le plus intense, et la plus grande densité de courant.

Un certain nombre d'autres proportions indiquées se passent de commentaires; un rapport intéressant est celui qui existe entre la distance des extrémités libres des pièces polaires, et l'entrefer de la machine, ce rapport détermine dans une certaine mesure, le coefficient d'utilisation du champ.

Une autre quantité, dont il est rarement question, dans les études sur les machines dynamos, est la différence de potentiel entre deux lames voisines du collecteur; si elle est assez grande pour permettre l'établissement d'un arc à travers l'isolant (environ 20 volts), on courra des risques de destruction. Dans les machines considérées, cette différence est bien en dessous de la limite.

Les machines d'Édison, nos 10 et 20, sont absolument comparables, au point de vue de la seule variation de longueur du tambour; l'influence de l'allongement est bien marquée sur le rende-

[1] Ceci est absolument juste au point de vue industriel qui est celui de notre auteur; mais on peut faire remarquer, que rigoureusement parlant, il n'en est pas ainsi l'établissement seul du champ exige une certaine dépense, d'énergie mais toute l'énergie dépensée à l'état de régime dans les électros, se retrouve naturellement en chaleur.

ment et le facteur économique, relatif au poids du cuivre.

E. M.

La résistance et la self-inductirn des conducteurs composés, par lord Rayleigh (1).

Déjà plusieurs fois dans nos revues, nous avons eu à signaler la grande impulsion donnée aux recherches relatives à la self-induction, depuis les travaux du professeur Hughes.

Mais jusqu'à présent, les recherches avaient surtout porté sur la discussion de la méthode employée par le savant anglais, sur la rectification de ses énonciations erronnées relativement à l'influence de la nature et des dimensions des conducteurs sur leur self induction, mais toujours, en supposant que résistance et self-induction sont des quantités constantes.

Une grande partie des recherches du professeur Hughes se rapportaient spécialement à l'influence de la rapidité des alternances du courant sur ces quantités; cette partie de ses recherches avait été, jusqu'à présent, laissée dans l'ombre.

Dans un premier travail publié dans le *Philosophical Magazine* (2), lord Rayleigh, avait développé les formules de Maxwell et fait ressortir clairement la dépendance théorique de ces deux quantités et de la période des vibrations électriques harmoniques, auxquelles le conducteur est supposé soumis.

Nous ne parlons pas ici de la variation du coefficient de self-induction d'une bobine à noyau de fer doux, ou d'un conducteur de même métal, suivant l'intensité du courant, et provenant de la loi de saturation.

Dans son dernier travail, le savant théoricien donne les résultats d'une série d'expériences, entreprises dans le but de vérifier quelques-unes de ses déductions.

Nous serons aussi bref que possible sur les points qui ont déjà été traités plusieurs fois ici-même.

Un pont de Wheatstone étant formé de trois côtés dont l'induction est négligeable, par rapport à celle du quatrième, et si l'on annule les courants dans l'une des diagonales (ce que l'on vérifie au téléphone) par l'induction d'une bobine placée dans la seconde diagonale, où agit une source fournissant un courant que l'on suppose suivre la loi harmonique, sur une autre bobine faisant partie de la première diagonale, on aura à ce moment les relations suivantes :

$$(1) \qquad Q\,R - S\,P = p^2\,M\,L$$

$$(2) \qquad M\,(P + Q + R + S) = S\,L$$

où P est la résistance inconnue de la quatrième branche, Q R et S les résistances des trois autres branches, M le coefficient d'induction mutuelle des deux bobines, L le coefficient de self-induction de la branche P, et p un nombre tel que la période des courants sinusoïdaux soit $\frac{2\pi}{p}$.

Si le pont est formé de trois branches munies de deux contacts glissants, on a en outre $Q + R + S = W$, soit une constante.

M. Weber ayant donné dans ce journal la démonstration des formules générales, dont celles-ci ne sont qu'un cas particulier, nous n'indiquerons pas la démonstration de ces formules.

Dans le cas d'un courant constant, on aurait $S\,P = Q\,R$; dans ce cas, la balance est donc détruite, mais ceci n'indique pas du tout que P est différent de ce qu'il serait pour un courant constant; ce changement provient (au moins en partie) de la disposition de l'appareil lui-même. Si donc, p est petit, c'est-à-dire pour des courants à alternances lentes, P pourra être supposé égal à la résistance ordinaire, et l'équation (1) donnera le coefficient L en fonction de M.

Mais dans d'autres cas, on ne peut pas faire cette supposition, et il faut alors déterminer L et P au moyen des deux équations ci-dessus.

La première chose pour des vérifications expérimentales, est d'obtenir un interrupteur du courant qui donne lieu à une périodicité parfaite.

Dans une partie de ces expériences, où cette condition n'est pas nécessaire, l'auteur emploie l'appareil de Hughes avec un interrupteur formé d'un simple contact frottant, mû par un petit moteur à eau; ce contact est, en outre, rompu périodiquement.

Quand il faut au contraire obtenir une périodi-

(1) *Philosophical Magazine*, décembre 1886.

(2) Voir *Phil. Mag.*, mai 1886.

(1) Ces équations satisfaites au moment où aucun courant ne passe dans le téléphone, contenant le terme p qui détermine la loi des courants dans l'une des diagonales, il faut, pour obtenir le silence absolu que p soit parfaitement déterminé, c'est-à-dire que le courant soit exprimé en fonction d'un seul terme de la série de Fourier.

cité absolue, la difficulté est beaucoup plus grande, aucun interrupteur absolument satisfaisant n'ayant encore été construit ; des diapasons dont le mouvement est entretenu électriquement, peuvent être employés, quand il s'agit de périodes de $\frac{1}{128}$ à $\frac{1}{256}$ mais non pour des périodes de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{2000}$.

Lord Rayleigh a employé, dans ce but, les anches vibrantes, qui ont donné de bons résultats jusqu'à 2000 vibrations doubles par seconde.

Comme compensateur d'induction, l'auteur emploie l'appareil de Hughes, formé d'une petite bobine, mobile à l'intérieur d'une bobine plus grande.

Dans le cas où la première bobine serait infiniment petite, on aurait, pour les coefficients d'induction mutuelle, la loi simple :

$$M = M_0 \cos \theta$$

θ étant l'angle des axes des deux bobines et M_0 la valeur maxima du coefficient correspondant à $\theta = O$.

Avec les dimensions des bobines employées, cette loi est absolument inadmissible, et il faut recourir à un étalonnage, ou à une graduation directe du compensateur ; pour cela, si l'on dispose de deux de ces appareils, on forme deux circuits dont l'un contient les deux bobines mobiles de ces deux compensateurs, une source d'électricité, un contact variable et le fil primaire d'une bobine d'induction; le second circuit renferme les bobines fixes, un téléphone, et le circuit secondaire de la bobine d'induction. On réduit alors le téléphons au silence en donnant aux deux appareils des inclinaisons différentes, en introduisant et sortant successivement des circuits la bobine d'induction auxiliaire ; on obtient ainsi, pour chacun des compensateurs, des écarts angulaires équivalents en divers points de leur graduation.

Un résultat assez curieux au premier abord, c'est que, pour des angles θ compris entre 40 et 140 degrés, c'est-à-dire par des positions de la petite bobine variant de 50 degrés de chaque côté de la position où les plans sont perpendiculaires et l'induction nulle, le coefficient d'induction mutuelle est proportionnel à l'angle, (à partir de la position perpendiculaire), au lieu de l'être au sinus.

On arrive du reste par le calcul à la même conclusion en appliquant les formules générales du potentiel réciproque de deux circuits circulaires, pour des rapports de rayons voisins de 2 à 1.

Pour étalonner les appareils, la même méthode s'applique encore, mais la bobine d'induction est alors une bobine-étalon formée de deux circuits enroulés dans des rainures circulaires de dimensions connues, pratiqués sur un même cylindre de bois et d'une vingtaine de tours chacun.

Voyons maintenant les résultats obtenus au moyen de l'appareil de Hughes ainsi modifié.

D'après Hughes [1], le coefficient d'induction mutuelle serait moindre avec des fils de fer qu'avec des fils de cuivre. L'auteur a mesuré directement par la méthode employée pour l'étalonnage, le coefficient d'induction d'un seul tour de fil de cuivre ou de fer placé entre les deux circuits de la bobine-étalon, par rapport à ceux-ci, reliés en série, les deux coefficients concordent à $\frac{1}{1000}$ près. Ce résultat est conforme aux lois de l'électrodynamique, mises en doute par M. Hughes.

Voyons maintenant quelques exemples des mesures faites avec l'appareil de Hughes, et leur interprétation au point de vue de la variation de la résistance avec la tonalité (si l'on veut nous permettre cette expression) des courants électriques.

L'interrupteur faisant 1050 vibrations doubles par seconde, ce qui correspond à $p = 2\pi \times 1050$, une bobine de fil de cuivre a donné comme résistance réelle calculée au moyen des équations (1) et (2), soit de l'expression :

$$P = \frac{Q\,R}{S}\left\{1 - \frac{p^2 M^2 (Q + R + S)}{S.\,Q.\,R}\right\}$$

Mais il faut remarquer que Q, R et S ont de tout autres valeurs qu'ils n'auraient avec des courants constants; en remplaçant, en effet, Q, R et S par leurs valeurs, on trouve en fonction d'une unité quelconque :

$$P = 87{,}5$$

En employant le pont avec courants constants, on trouve :

$$P = 87{,}3$$

La plus grande partie de la rupture de l'équilibre ordinaire du pont provient donc de l'appa-

[1] *Procedings Royal Society*, vol. XI, p. 468.

reil lui-même, et en ne faisant pas usage des formules correctes, on ferait une erreur de près de 12 o/o dans ce cas. Cette mesure indique donc, une augmentation de 1/400 seulement de la résistance provenant de l'inégale répartition du courant dans la section.

L'insertion d'un noyau de *cuivre* à l'intérieur de cette bobine donne lieu à une diminution du coefficient de self-induction, et à une augmentation de la résistance effective; ce résultat est dû, non pas à la présence du cuivre comme corps magnétique, mais uniquement à la réaction des courants transversaux induits.

Avec un fil de fer de 1 1/2 mètre de long et 3,3 m. m., les mesures ont donné pour la résistance réelle une valeur 1,84 fois celle qui correspond à un courant constant; cette énorme augmentation, provient de la tendance du courant à se porter vers les couches extérieures du fil.

L'appareil de Hughes, s'il se prête bien à certaines comparaisons, a en tout cas le désavantage d'exiger des calculs en dehors des mesures directes, et il convient, dans beaucoup de cas, d'avoir un pont dans lequel on puisse équilibrer à part la résistance et la self-induction; pour cela, il faut pouvoir ajouter des résistances sans self-induction et modifier l'induction propre par un compensateur, mais dans lequel les deux bobines sont en séries [1].

La première condition ne peut naturellement pas être remplie en toute rigueur, mais, dans beaucoup de cas, il suffira de faire usage d'un double fil très fin, de maillechort, par exemple, avec un contact mobile.

L'auteur a essayé la combinaison suivante : les côtés R et S du pont sont formés de fils identiques en maillechort, roulés en double; le côté P (opposé à S) renferme la résistance à étudier, un compensateur d'induction et une résistance à contact mobile; le côté Q est quelconque, mais invariable. Pour éviter l'induction mutuelle, P et Q sont placés à une certaine distance.

Quand l'interrupteur agit dans le circuit de la pile (B), le téléphone T ne peut être réduit au silence que si on a l'égalité à la fois des résistances et des coefficients de self-induction des branches P et Q.

Cette combinaison donne lieu à des variations dans la mesure des résistances dues aux contacts glissants, et il a été nécessaire de la modifier légèrement.

Les contacts glissants de la branche P sont supprimés, et le téléphone aboutit à un contact mobile sur un fil de maillechort, on peut donc faire encore varier la résistance de la branche P, la branche Q variant alors inversement de la même quantité; les conditions de balance parfaite sont évidemment les mêmes, et en général, on pourra négliger les variations de self-induction dues au déplacement du contact entre P et Q.

Avec cet appareil, toute variation de la self-induction en P est mesurée par la rotation du compensateur, et toute variation de la résistance par le double du déplacement du contact, nécessaire pour ramener le téléphone au silence.

Une étude à laquelle cet appareil se prête très bien, est celle de l'influence d'un circuit voisin (transformateurs secondaires). Maxwell a donné des formules applicables dans ce cas, (ces formules, bien entendu, s'appliquent à des bobines non munies de noyaux); soit R et L la résistance et la self-induction du circuit primaire, S et N les quantités correspondantes du circuit secondaire; la fermeture de ce circuit donnera lieu à une modification des caractéristiques, exprimée par les relations :

$$R^1 = R + \frac{p^2 M^2 S}{S^2 + p^2 N^2}$$

$$L^1 = L - \frac{p^2 M^2 N}{S^2 + p^2 N^2}$$

R^1 et L^1 étant respectivement les valeurs de la résistance et de la self-induction apparente, et M étant le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits.

Pour deux circuits identiques, on a la relation :

$$\frac{R^1 - R}{R} = \frac{L - L^1}{L} = \frac{p^2 M^2}{R^2 + p^2 L^2}$$

Deux cas extrêmes peuvent se présenter, si p est petit, par rapport à $\frac{L}{R}$, c'est-à-dire avec de longues périodes, l'influence du circuit secon-

[1] Il est alors facile de calculer les *variations* de self-induction de ce système; la self-induction totale peut être considérée comme égale à la somme des coefficients de chaque bobine, plus deux fois l'induction mutuelle des deux bobines; donc, la *variation* de self-induction est égale au double de cette induction mutuelle, connue pour chaque degré de rotation par l'étalonnage.

daire est faible; au contraire, si p est grand, le rapport ci-dessus tend vers $\frac{M^2}{L^2}$, et dans le cas où les circuits consistent en une bobine formée de deux fils (non magnétiques) roulés l'un à côté de l'autre, ce rapport est voisin de l'unité. Dans ce cas, la réaction du circuit secondaire tend à annuler la self-induction et à doubler la résistance du premier.

Pour réaliser ce dernier cas, l'auteur a employé une double bobine de fil de cuivre de 0,08 pouce de diamètre ; la longueur de chaque fil étant de 318 pouces (résistance 0,05 ohm).

Pour déterminer le coefficient d'induction mutuelle M des deux parties de cette bobine, il suffit de comparer le coefficient de self-induction (L) d'une des parties, avec le même coefficient dans le cas où l'on couple les deux fils en série, mais en intervertissant leurs extrémités ; ce coefficient est alors (2 L — 2 M) ; de ces deux mesures on déduit M, (66934 cms., dans ce cas).

La fermeture du circuit secondaire a diminué la self-induction apparente du circuit primaire dans le rapport de 44,4 à 3,4 ; avec p égal à $2\pi \times 1050$.

La résistance du circuit primaire étant représentée par 92 pour un courant constant, était de 97 pour les courants périodiques et de 174 dans le cas de fermeture du circuit secondaire.

Ces valeurs satisfont assez bien les formules générales ; du reste, il faut remarquer que pour la résistance il pourrait y avoir incertitude sur la valeur à employer ; puisque celle-ci est un peu différante avec les courants alternatifs qu'avec les courants constants, fait dont la théorie ne tient pas compte dans la formule indiquée.

L'auteur a également fait un certain nombre d'expériences concernant les constantes d'un conducteur multiple [1]. L'expérience a confirmé pleinement les formules relatives au cas particulier de deux conducteurs dont l'induction mutuelle est négligeable, ainsi que la self-induction de l'un d'eux, la résistance de ce dernier étant la plus grande. Pour des courants constants, la résistance se rapproche de celle du conducteur de moindre résistance, et pour des courants alternatifs à courtes périodes, les constantes de la combinaison tendent vers celles du conducteur de moindre self-induction.

Ce cas indique bien ce qui se produit dans un conducteur cylindrique unique, et cela spécialement dans le cas d'un conducteur magnétique. Le courant tend alors vers les couches extérieures du conducteur, et la résistance réelle croît, la self-induction tend à décroître.

E. M.

(1) Voir pour l'étude théorique complète de ce problème; *Phil. Mag.*, mai 1886, page 377.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

États-Unis

Sur l'application de la théorie de l'induction magnéto-électrique a l'anneau de Gramme. — A la dernière séance de la section d'électricité de l'*American Institute*, M. Townsend Wolscott a lu une note. que nous croyons devoir reproduire, et au cours de laquelle il s'attache à combattre la théorie émise par M. Bréguet, relativement à l'induction magnéto-électrique dans l'anneau de Gramme.

« Je n'ai pas la prétention, dit M. Townsend Wolscott, de proposer une nouvelle théorie d'induction, ni même une modification de la théorie admise jusqu'ici ; je veux simplemeut signaler quelques déductions erronées ou applications fausses de cette théorie, qui se sont glissées dans notre littérature électrique, sans avoir jusqu'ici, à ma connaissance du moins, rencontré d'opposition.

« Maxwell, étant, en pareille matière, la plus haute autorité que nous connaissions, c'est à lui que nous voulons en référer. Dans l'article 531 de son ouvrage, nous lisons ce qui suit :

« Tous ces phénomènes peuvent se résumer en « une seule loi : Quand le nombre de lignes d'in- « duction magnétique passant à travers le circuit « secondaire dans le sens positif est changé, il se « forme dans le circuit une force électromotrice « proportionnelle à la diminution de l'induction « magnétique à travers le circuit. »

« Cette loi n'est autre chose qu'une généralisation des phénomènes signalés dans l'article précédent, lequel prévoit tous les cas possibles d'induction, savoir :

« 1° Induction par variation du courant primaire ;

« 2° Induction par mouvement du circuit primaire;

« 3° Induction par mouvement du circuit secondaire;

« 4° Induction par mouvement relatif d'un « aimant et du circuit secondaire, un aimant « étant substitué au circuit primaire. »

« On remarquera que la condition nécessaire et suffisante pour qu'il y ait induction est un mouvement relatif du conducteur et du champ de force magnétique. Tel est le point de départ de cette note.

« Dans un circuit servant de véhicule à un courant variable, ou dont les diverses parties sont soumises à un mouvement relatif pendant le passage d'un courant, il se manifeste entre ces parties une action inductrice dont la somme représente la self-induction du circuit. Sur ce point, tous les électriciens sont d'accord.

« Toutefois, si l'on considère la théorie des dynamos, il faut reconnaître qu'un, au moins, de nos éminents électriciens semble ignorer ces principes. Dans l'*Electric Illumination*, de Dredge, à propos de la *Théorie des générateurs dynamo-électriques*, M. le professeur Silvanus P. Thompson explique à sa manière la « dissymétrie de commutation. »

« Il part, d'une théorie déduite des expériences de M. Bréguet pour expliquer ce qui « avait été « considéré jusqu'ici comme en contradiction « avec la théorie, savoir la pratique usitée chez « les ingénieurs électriciens de placer les balais « des machines dynamo-électriques, dans une « position oblique contre le commutateur et non « symétrique par rapport aux inducteurs. Nous « pourrons indiquer en outre, ajoute-t-il, com- « ment cette avance angulaire des balais varie « selon que la machine est employée comme « générateur ou comme moteur. Le rôle vérita- « ble du noyau de fer ou de l'armature rotative « est également défini. Autour des conducteurs « qui servent de véhicule au courant électrique, « c'est-à-dire autour de l'armature, existe aussi « un champ de force magnétique. La présence du « courant change alors les directions des forces « en œuvre dans le champ et modifie la distribu- « tion des lignes de force.

« Or, quoique le champ total ou résultant se trouve ainsi modifié, la portion de champ créée par le courant de l'armature tourne avec celle-ci, c'est-à-dire que, son mouvement dépendant d'elle, ne peut avoir sur elle aucune action inductive.

« L'explication du cas d'un moteur dans lequel l'angle de décalage est négatif, est évidemment aussi faible. L'auteur parle de la « présence du courant » dans l'armature comme cause modificatrice. Il ne dit rien de la vitesse de rotation; cette théorie, d'ailleurs, n'en tient aucun compte, attendu que la rotation de l'armature ne peut pas modifier le champ magnétique et cependant l'auteur déclare que le déplacement augmente avec la vitesse.

« L'avance, dans un générateur est, à mon avis, dûe à plusieurs causes. Dans les dessins ci-joints, nous supposerons que la figure 1 représente trois bobines se mouvant dans un champ magnétique dans le sens indiqué par la flèche.

« La bobine du milieu se trouve sur la ligne médiane, autrement dit le point de commutation théorique; à un moment donné, le courant total de la machine l'a parcourue dans la même direc-

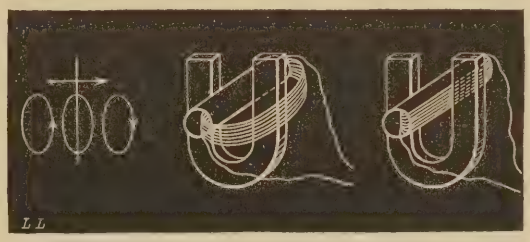


Fig. 1.

tion que pour la bobine de gauche; dans un autre moment, ce même courant la parcourra dans la direction opposée, c'est-à-dire dans le même sens que pour la bobine de droite.

« Si ces bobines sont placées immédiatement côte à côte, comme dans la machine Gramme, ce renversement dans la bobine du milieu aura pour effet de renforcer le courant dans celle de gauche et de l'entraver dans celle de droite, et d'avancer ainsi le point de renversement dans le sens de la rotation.

« En donnant aux balais une inclinaison dans le même sens, on introduit dans le sens opposé une force électromotrice (due à la rotation de l'armature dans la partie qui se trouve entre la position nouvelle des balais et leur position originale), laquelle tend à hâter le renversement. A mesure que la vitesse de rotation augmente, le temps du passage d'une bobine de la ligne médiane à la ligne des balais est diminué, et il de-

vient nécessaire d'augmenter la force électromotrice, en d'autres termes de donner aux balais plus d'inclinaison.

« Si la forme et la position relatives des bobines sont changées, leur coefficient d'induction réciproque sera changé également, ainsi que l'inclinaison, conformément à cette théorie. Je crois pouvoir affirmer, d'après ma propre expérience, qu'il en est ainsi.

« Dans beaucoup de dynamos, le point d'efficacité maxima, qui, dans un sens, est celui de la commutation, ne coïncide en aucune façon avec celui où il y a le moins d'étincelles, qui est celui où les balais sont toujours placés ; si je ne me trompe, ces points ne coïncident jamais exactement.

Dans les anciennes dynamos à courant intermittent, et, à un moindre degré, dans les machines à courant continu, dans lesquelles l'action continue est imparfaite, le potentiel des inducteurs s'élève et s'abaisse à chaque impulsion électrique de l'armature. Ceci a pour résultat de contrarier l'impulsion au commencement et de la renforcer à la fin, (extra-courant de fermeture du circuit, dans le premier cas, et de rupture du circuit dans le second).

Tous deux ont une action retardatrice et nécessitent un décalage des balais. Le point de plus faibles étincelles est celui où ces extra-courants sont neutralisés en même temps avec les courants dûs à l'induction réciproque mentionnés ci-dessus ; le point d'efficacité maxima étant en général plus près de la ligne médiane, il arrive qu'en neutralisant ces courants, une partie de la force électromotrice de rotation se trouve également neutralisée. Dans un moteur, la force électromotrice due à la rotation est en sens inverse du courant, et par une suite de raisonnements semblables à ceux appliqués aux générateurs, nous pouvons démontrer que l'angle dont il faut décaler les balais, est négatif.

« La théorie de M. Bréguet sur l'action de l'anneau de fer dans la machine Gramme est également défectueuse. L'anneau, soumis à l'induction des pôles, devient lui-même un aimant dont la force en tous les points en dehors de l'anneau se trouve dans la même direction que celle des inducteurs ; mais en dedans de l'anneau elle se trouve dans la direction opposée. C'est pourquoi, en dedans de l'anneau, la force résultante est zéro, ou, en tout cas, beaucoup moindre qu'en dehors. Or, pourvu que l'anneau reste stationnaire, tandis que le fil de l'armature tourne, comme dans l'expérience de M. Bréguet, nous pouvons admettre, avec ce dernier, que le fil en dedans de l'anneau est protégé contre l'induction magnéto-électrique.

« Mais lorsque, comme dans toutes les machines pratiques, l'anneau de fer tourne avec les bobines de l'armature, il n'est pas juste de prétendre que le fil intérieur est protégé contre l'induction sous prétexte que la force résultante est zéro en dedans de l'anneau, car les expériences suivantes ont démontré que, même dans ce cas, il y a induction.

« Une de ces expériences me fut suggérée par M. le professeur Charles A. Seeley. Voici en quoi elle consistait : Je pris un morceau de tuyau à gaz dans lequel je fis passer un fil isolé, que je ramenai extérieurement de façon à le faire passer de nouveau dans le tuyau à plusieurs reprises,

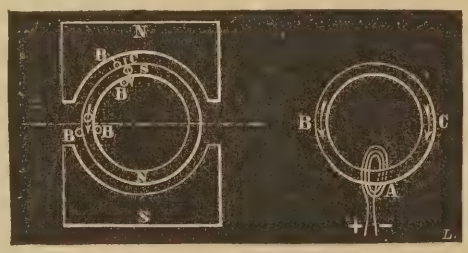


Fig. 4 et 5.

jusqu'à ce que j'eusse formé ainsi un écheveau assez épais. L'écheveau, avec le tuyau dans lequel il passait, fut placé entre les pôles d'un aimant, comme on le voit figure 2, et les fils furent reliés avec un galvanomètre. Je retirai alors brusquement l'écheveau de l'aimant et je notai la déclinaison du galvanomctre.

« Cela fait, l'écheveau fut placé de telle sorte que le fil extérieur se trouvât entre les pôles et le tuyau en dehors, et je le retirai de nouveau brusquement. S'il y avait eu protection du fil intérieur le courant, dans le second cas, aurait été plus grand que dans le premier, attendu que presque tout le champ magnétique se trouve entre les pôles. Mais, comme je l'avais prévu, le courant fut sensiblement le même dans les deux cas.

Comme la première déviation de l'aiguille représentait une révolution presque complète, le galvanomètre était suffisamment sensible pour rendre décisive une seconde expérience susceptible

d'une plus grande précision, et que j'effectuai de la manière suivante: le fil extérieur fut tenu serré tout contre le tuyau à gaz, et le bout fut placé entre les pôles de l'aimant (fig. 3). S'il n'y avait pas eu de tuyau à gaz, un mouvement vertical de la spire (comme dans la première expérience d'Ampère) ne pouvait produire un courant ; mais si le tuyau à gaz avait une action protectrice, même partielle, le courant devait se manifester. N'obtenant aucune déviation du galvanomètre, j'en conclus que, dans ce cas, il n'y avait pas de protection, ou que, la force résultante étant zéro, l'induction était aussi grande qu'ailleurs, attendu que la partie du champ occupée par le tuyau à gaz se meut avec le fil. Si le tuyau à gaz avait été fixé à l'aimant, il y aurait eu un courant aussi loin que le trou du tuyau aurait permis au fil de se mouvoir.

« Or quelle est l'action de l'anneau de Gramme lorsqu'il tourne avec bobines ? Je l'explique de la manière suivante : une molécule située en A figure 4, aura son axe magnétique vertical, le pôle nord tourné en bas comme cela est indiqué par la flèche.

Lorsque, par suite de la rotation de l'armature, la molécule a atteint le point C, son axe magnétique est parallèle à sa première position. Aux positions intermédiaires, la direction de l'axe peut s'être écartée plus ou moins du parallélisme, mais la rotation totale ou intégrale est zéro par rapport aux inducteurs ou un quart de tour par rapport aux fils B.B'. L'induction sur B est dans la même direction que celle du champ extérieur, l'induction sur B' est dans une direction opposée. Toutes les autres molécules de l'anneau agissent de la même manière, de sorte que l'induction sur B est la somme de l'induction due aux électros et de celle de l'anneau, ou la même en quantité que si l'anneau était stationnaire ; tandis que sur B' c'est la différence de ces inductions, et, dans ce cas aussi, c'est la même chose que si l'anneau était stationnaire. Si la force résultante en dedans de l'anneau est zéro, l'induction sera zéro.

« Nous avons alors une action qui peut, dans un certain sens, être appelée protectrice, mais non dans le sens que M. Bréguet prête à ce mot.

« Dans ce dernier cas, où il s'agit d'un anneau qui tourne tout en restant soumis à l'influence d'un aimant, les molécules (ou, si l'on veut les éléments de volume) doivent être considérées séparément, attendu que, suivant ma théorie, tout ce qui produit un champ magnétique et est doué d'un mouvement indépendant doit être considéré séparément.

« Si un anneau parfaitement régulier et en fer homogène est aimanté par un courant passant dans un fil enroulé autour de l'anneau avec une symétrie parfaite et le recouvrant entièrement, la force résultante en chaque point en dehors du fer, en dedans aussi bien qu'en dehors de l'anneau, sera zéro, quelque intense que soit l'aimantation. Supposons que cet anneau passe dans une bobine ordinaire de fil de fer, comme on le voit en A (fig. 5), et qu'il soit aimanté dans la direction de la flèche B. Il est évident que, dans ce cas, la bobine A enferme l'induction magnétique totale de l'anneau dans une même direction.

« Si maintenant le courant est renversé, la polarité de l'anneau est renversée également, comme l'indique la flèche C ; la bobine renferme alors l'induction magnétique totale de l'anneau dans la direciion opposée. Si quelqu'un doutait que ce renversement pût produire un courant dans la bobine, qu'il étudie la loi d'induction et qu'il fasse la même expérience ; et cependant chaque point de la bobine tout entière est situé à l'endroit où la force résultante est zéro, c'est-à-dire précisément dans la même condition que le fil protégé de M. Bréguet.

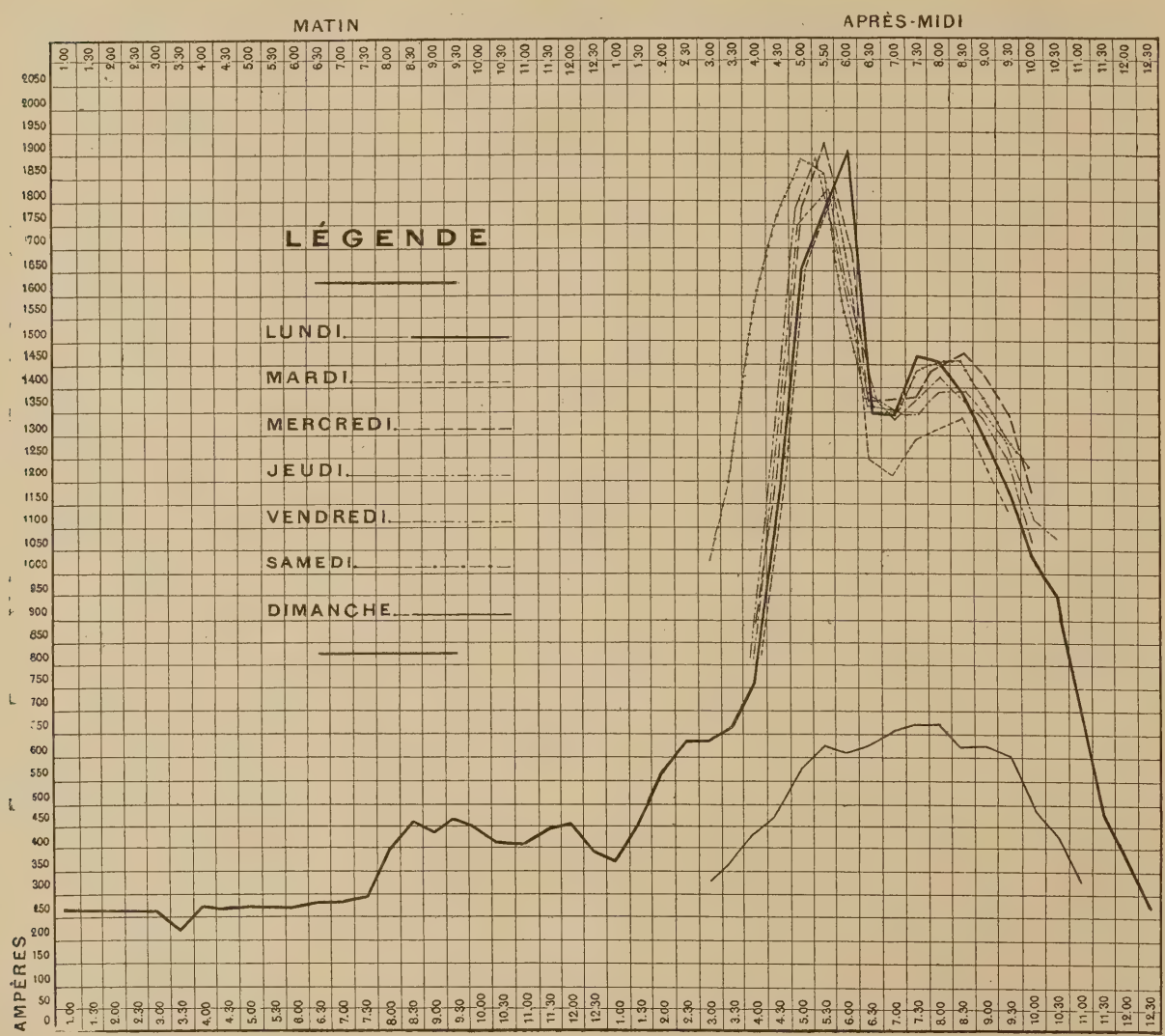
« Ici encore les molécules doivent être considérées séparément, attendu que le champ de chacune d'elles se meut indépendamment et que la somme de toutes leurs inductions est ce qu'elle devrait être pour produire le courant, tandis que la résultante de toutes leurs forces est zéro partout en dehors du fer. »

Les variations dans la consommation du courant fourni par les usines centrales. — Les demandes de courant électrique dans les stations centrales pour alimenter des lampes à incandescence varient, on le sait, considérablement d'une heure à l'autre et même jusqu'à un certain point, d'un jour à l'autre.

L'entrée en fonction des moteurs électriques reliés avec les circuits de ces stations, va sans doute apporter une modification profonde dans ces fluctuations, car, tandis que le courant destiné à l'éclairage atteint son maximum dans la soirée, celui que réclame la force motrice atteint le sien dans la matinée.

Le tableau ci-après, donnant la quantité de courant fournie par une station à chaque heure de la journée pendant une semaine nous paraît de nature à intéresser les lecteurs de *La Lumière Électrique*. Il s'agit ici de la station centrale Edison à Boston, qui alimente 10 000 lampes.

On remarquera que la courbe forme une ligne à peu près droite jusqu'à 7 h. 30 m., du matin, heure à partir de laquelle elle s'élève brusquement, par suite de l'entrée en fonction des mo-



teurs de Sprague, alimentés par la station. Le nombre de ces moteurs tend à s'augmenter; il y en a actuellemenl 24. Les variations que subit la courbe à partir de ce moment, jusqu'à midi sont dues surtout à la mise en marche et à l'arrêt de ces moteurs qui sont employés pour faire fonctionner des élévateurs, des machines à travailler le bois, des ventilateurs, des machines à coudre, des presses d'imprimerie, etc.

A midi, la courbe tombe subitement par suite de l'arrêt de ces moteurs pendant l'heure du dîner; entre 1 h. et 3 h. 30 minutes, elle s'élève de nouveau, et à partir de 3 h. 30, elle bondit de 650 à environ 1950 ampères.

Entre 5 et 6 heures, les courbes tombent de nouveau par suite du grand nombre de magasins qui ferment à ce moment ainsi que de la suspension d'une partie de l'éclairage chez quelques

consommateurs qui s'absentent pour aller souper.

Aux environs de 7 heures, l'éclairage reprend de nouveau et augmente bientôt à l'ouverture des théâtres. Après 8 h. 30 m. du soir, l'éclairage baisse jusqu'à minuit, où il atteint son niveau le plus bas, qui varie entre 200 et 250 ampères.

La courbe en ligne pleine se rapporte à la journée du lundi qui, d'après le rapport de M. Flammer est généralement la plus chargée.

Les autres courbes n'ont été exécutées que pendant les heures d'éclairage les plus chargées, qui, comme on peut le voir, sont, à peu de chose près, les mêmes que celles du lundi.

La petite courbe en ligne pleine qui se trouve au-dessous du tracé se rapporte à la journée du dimanche où la consommation est naturellement la plus faible de tous les jours de la semaine.

Le public américain prend un intérêt de jour en jour plus grand à la question des moteurs électriques, au point même de surprendre ceux qui avaient le plus de confiance dans l'avenir de ces appareils. A l'heure actuelle, on introduit ces moteurs dans toutes les villes, où ils sont appliqués à l'industrie et à la fabrication, tandis que des négociations de la plus grande importance sont entamées pour l'établissement de lignes de tramways électriques sur différents points du pays. Ce développement a peut être,

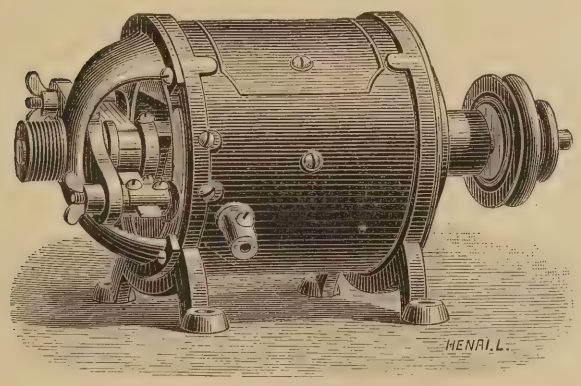


Fig. 6.

au moins en partie, un but spécuiatif, mais il témoigne d'une activité réelle et positive, qui promet une occupation lucrative aux électriciens pendant un temps très long.

Parmi les moteurs électriques les plus en vue, je dois citer celui d'Edgerton, inventé par M. A. N. Edgerton, de Philadelphie, et représenté sur la figure 6.

Chacune des pièces polaires (fig. 7), est reliée à trois noyaux disposés radialement, sur lesquels sont enroulées les bobines excitatrices et qui sont eux-mêmes à l'intérieur d'une couronne cylindri-

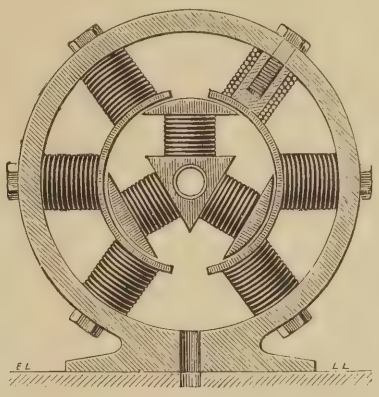


Fig. 7.

que en fer, laquelle forme la carcasse du moteur en même temps qu'elle sert de culasse aux inducteurs. La couronne et les pièces polaires forment une cage cylindrique à l'intérieur de laquelle tourne l'armature.

L'armature, représentée en section sur la figure 7, se compose de trois bobines enroulées sur un nombre égal de noyaux équidistants disposés radialement sur un prisme central triangulaire. L'arbre passe longitudinalement dans l'axe de ce prisme et est porté par des paliers reliés au bâti, ainsi que le montre la figure 7. L'extrémité extérieure de chaque noyau a la forme d'un segment cylindrique, dont la surface est concentrique à celle des pièces polaires entre lesquelles tourne l'induit. Le fil est enroulé parallèlement à l'axe de l'armature, comme dans une bobine Siemens, et les communications d'une bobine à l'autre ne se font que sur le collecteur. Les extrémités de même nom de toutes les bobines sont reliées aux segments du commutateur, dont le nombre est égal à celui des hélices ; les autres extrémités de même nom se rendent à un anneau commun, placé sur l'arbre, mais isolé de celui-ci, et sur lequel frotte un balai.

L'inventeur a cherché à construire son moteur d'après des principes mécaniques, qui assureraient à la fois le bon marché et la plus grande simplicité de construction avec un minimum de

frais d'entretien. C'est pourquoi il a choisi la forme cylindrique fermée qui se prête à l'établissement de paliers très solides, en même temps qu'elle protège complètement les organes essentiels du moteur, de sorte que celui-ci peut être employé sans danger dans n'importe quelle position. Quant à la disposition des inducteurs, l'auteur pense qu'elle est de nature à empêcher, mieux que toute autre, un échauffement excessif du moteur, car les noyaux étant très courts et aboutissant immédiatement à la couronne extérieure, on se trouve avoir une grande surfac de refroidissement.

M. Edgerton a choisi cette forme spéciale d'armature, parce qu'elle est d'une construction facile, et que, grâce aux segments cylindriques qui terminent les noyaux, le fil est maintenu en place ; même aux allures les plus rapides on n'a rien à craindre de la force centrifuge ; enfin, lorsque la température du moteur s'élève par le passage du courant, la dilatation ne modifie en rien le jeu des pièces, ce qui permet de faire tourner l'armature très près des pièces polaires. M. Edgerton pense enfin que l'action inductrice du champ s'exerce tout d'abord sur le noyau en fer et est transmise par celui-ci au fil, ce qui aurait, pour effet, de réduire la résistance de l'armature provenant de la force contre-électromotrice.

L'armature est groupée en série dans les petits moteurs, bien qu'on puisse parfaitement la monter en dérivation. Quand la machine fonctionne avec le groupement en série, le courant agit constamment dans deux des hélices et momentanément dans toutes les trois une fois par tour.

Pour les petits modèles, la vitesse du moteur est réglée au moyen d'un jeu de résistances. Dans les modèles d'un cheval et plus, la vitesse est maintenue uniforme au moyen d'un régulateur centrifuge. Dans ces machines l'armature et les commutateurs ont cinq segments au lieu de trois ; dans les machines encore plus grandes, il n'y a qu'un seul balai sur le commutateur, tandis que l'autre balai est placé sur l'anneau isolé qui se trouve au point de jonction des bobines. Comme toutes les bobines sont groupées en dérivation sur cet anneau, il en résulte naturellement que, si les fentes du commutateur sont coupées diagonalement, les étincelles au commutateur sont réduites à un minimum.

Là, où un petit nombre d'abonnés habitent une étendue limitée de terrain, il est rarement avantageux d'établir un bureau central téléphonique; on a inventé plusieurs systèmes téléphoniques pour petites localités, systèmes qui permettent à un abonné de se mettre en communication avec un autre, dans l'intermédiaire d'un bureau central. Jusqu'ici l'application de ce système a été limitée au téléphone électrique, mais le professeur Morse G. Farmer a dernièrement imaginé une méthode qui permet d'appliquer le système également aux téléphones mécaniques. L'électricité joue un rôle secondaire dans ce système, car elle n'entre en jeu que pour relier les lignes mécaniquement.

La figure 8 montre le principe de ce système. A A représente une ligne de téléphonie méca-

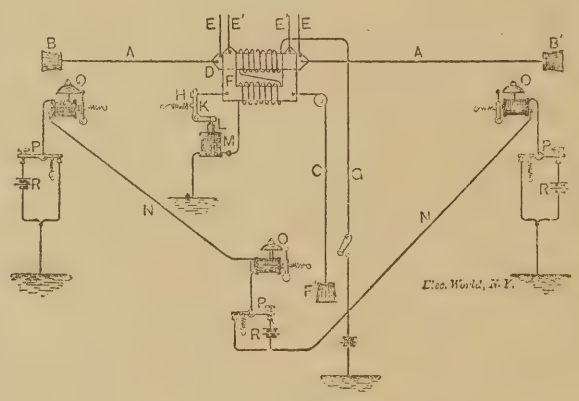


Fig. 8.

nique munie des appareils B B' ; pour plus de clarté, une seule ligne d'embranchement est représentée sur la figure. Au point où cet embranchement rejoint la ligne principale, se trouve une lame plate et relativement légère en fer doux D directement intercalée dans la ligne principale dont elle fait partie, le fil A étant coupé à ce point et les extrémités étant reliées à la lame D. Cette dernière est suspendue par des cordons en caoutchouc E à un support fixe. L'introduction de ce dispositif sur la ligne, n'a aucun effet sensible sur la transmission de la parole. Sur un des côtés de la lame D est suspendue un morceau de fer doux plat F en forme de V au moyen des cordes E' qui communiquent avec les extrémités du morceau de fer. Cette pièce F fait partie de la ligne d'embranchement C, car celle-ci est coupée et dans la coupure est intercalée la pièce de F. Les extrémités de la ligne sont reliées à des télé-

phones ou bien l'une est reliée à un téléphone tel que F′ et l'autre à un ressort dont nous parlerons plus bas.

Normalement il y a aucune communication entre les deux morceaux de fer D et F, et le téléphone F′ n'est en aucune façon influencé par la ligne A. Pour mettre le téléphone F′ et son circuit d'embranchement en communication avec la ligne principale de sorte qu'une conversation puisse avoir lieu entre B ou B′ et F′ ou bien entre F′ et tout autre ligne d'embranchement, on a entouré les deux morceaux de fer D et F de fil isolé et on en a fait respectivement un aimant et son armature. Mais ces bobines sont construites de manière à ne pas toucher les pièces D F qui peuvent se déplacer librement à l'intérieur des bobines. Un fil métallique G, part d'un point voisin de l'appareil F′ et va à la terre à travers les bobines dont il a été question plus haut. En fermant le circuit de G, l'aimant et l'armature entrent en contact et restent ensemble tant que le circuit G demeure fermé. Dans ces conditions, les vibrations produites dans une ligne seront communiquées à l'autre et l'instrument F′ est ainsi mis en communication avec n'importe lequel des appareils de la ligne principale ou bien avec tout autre appareil embranché, qui à son tour, peut toujours être relié à la ligne principale de la même manière.

Le professeur Farmer préfère employer un seul appareil pour chaque ligne d'embranchement et relier l'autre bout à un ressort afin de maintenir la ligne tendue. Comme on le voit le ressort H est ainsi relié d'un côté à un support fixe et de l'autre côté à un levier à pivot K. L'extrémité de la ligne C est reliée au même bras de ce levier que le ressort, de sorte qu'à l'état normal l'effort entier du ressort tend à maintenir la tension de la ligne. L'autre extrémité du levier K porte le noyau L d'un solénoïde M, compris dans le circuit G. Quand ce dernier est fermé, le solénoïde agit à l'encontre du ressort H et diminue jusqu'à un certain point la tension de la ligne. Sous l'action du ressort seul, la ligne C est assez tendue pour éloigner l'aimant F de son armature, mais en diminuant un peu cette tension le contact des deux est rendu plus facile.

Le professeur Farmer emploie avec ce système un circuit de sonneries électriques. Ce circuit N est représenté passant dans chaque poste où il comprend une sonnerie. Il y a également des clefs ou commutateurs P avec des contacts qui mettent la ligne à la terre aux deux bouts ainsi que des piles R dont il y a une par commutateur de sorte qu'un abonné quelconque peut appeler tous les autres. A cet effet, on peut se servir d'un des systèmes d'appel ordinaires.

M. W. G. Irish a dernièrement appelé l'attention sur le danger auquel personne n'a jusqu'ici pensé ni en Europe, ni chez nous, que présente l'emploi des machines à frottement pour les explosions dans les travaux de mines, etc. Le danger consiste dans ce fait que quand plusieurs explosions ont lieu à proximité l'une de l'autre, le courant qui provoque l'explosion d'une charge peut faire partir une autre par induction et ainsi causer des dégâts sérieux. M. Irish dit à ce sujet : Il y a quelques années, au cours d'une série d'expériences sur la décharge des torpilles et des mines au moyen de l'électricité, il arriva un accident qui aurait pu avoir les suites les plus funestes et cela à cause d'une connaissance incomplète de la puissance de l'induction.

Une semaine après le commencement d'une longue série d'expériences nous avions plongé plusieurs charges de poudre, de fulmicoton et de dynamite dans une rivière ou elles étaient séparées par une distance de 100 pieds les unes des autres. Nous avions l'intention de voir quel serait l'effet de chacune de ces charges en y mettant le feu dans les mêmes conditions. De la station du tir on ne pouvait voir la position des charges dans la rivière qui était à un mille à peu près de la station. Le câble employé pour relier les charges avec la station se composait d'un toron de fils de cuivre bien isolés avec la composition de *Hooper*. On employait deux lignes pour les explosions et il y en avait une troisième du même genre pour la communication télégraphique entre les deux points. Les trois câbles étaient placés sur l'herbe parallèlement les uns aux autres, mais à une distance de quelques pouces l'un de l'autre sur presque toute leur longueur. Le courant qui devait déterminer l'explosion était fourni par la machine à frottement, bien connue, du baron von Ebner, avec un disque en ébonite dont je n'ai pas besoin de faire la description.

Les deux bouts des câbles du côté de la rivière étaient reliés aux charges, tandis que l'une des autres extrémités à la station était suspendue au milieu de la chambre par précaution et pour

empêcher la possibilité d'un contact avec la machine ou la pile. L'autre bout était relié au générateur électrique en communication avec la charge qui devait être allumée d'abord.

Toutes nos dispositions ayant été prises, on télégraphia l'ordre d'allumer la charge n° 1, ce qui fut fait avec soin et exactitude, mais la clef était à peine baissée quand on télégraphia de la rivière d'arrêter et de laisser tout dans la station à sa place exacte, car deux charges avaient été allumées au lieu d'une seule, ce qui avait failli coûter la vie à plusieurs hommes travaillant dans un bateau près de la charge qui n'aurait pas dû faire explosion. Les employés à la station déclaraient que cet accident ne pouvait être attribué à une action ou négligence quelconque de leur part. La question était cependant d'une nature assez grave pour demander une enquête des plus sérieuses. La deuxième charge avait fait explosion, ce point était certain, mais un examen minutieux des câbles immédiatement après l'accident ne donnait aucun résultat ; au contraire, tout semblait faire croire que l'explosion avait été déterminée à la station, mais personne ne pouvait expliquer comment et par quels moyens la charge avait été allumée, et pendant plusieurs jours, cette question fut un mystère pour tout le monde, puisque le bout du câble à la station était resté suspendu à une distance de plusieurs mètres du générateur électrique.

Nous étions décidés à trouver la clef de cette énigme, si c'était possible, et il ne fallut pas longtemps pour constater que, dans les mêmes conditions, le résultat était toujours le même. L'un de nous attribuait la raison à la détonation de la charge allumée, mais nous étions persuadés dès le commencement de l'invraisemblance de cette supposition dans les circonstances. Nos expériences et recherches nous donnèrent enfin la conviction que la deuxième charge avait été allumée par induction, mais nous eûmes quelque peine à convaincre nos contradicteurs. Nous avons enfin placé deux longueurs d'un demi mille de câble de la même espèce, en les distançant d'un pied sur toute la longueur ; les amorces reliées aux câbles représentaient les charges, et le fil était mis à la terre, comme cela est indiqué sur la figure 9. La machine fut reliée à l'un des câbles dans la station, tandis que le bout de l'autre câble était suspendu dans la chambre, comme avant et à une distance de 10 pieds au moins du générateur électrique. On fit faire vingt tours aux disques de la machine et le condensateur fut déchargé en allumant les deux amorces. D'autres essais consignés dans le tableau suivant ont été faits pour déterminer la plus grande distance à laquelle l'induction pouvait allumer une charge, avec la même disposition de fils.

Distance entre les câbles en pieds	Nombre de tours du disque	Nombre de charge allumées
6	20	2
3	4	2
3	4	1
9	20	2
12	20	2
15	10	1
15	20	1
15	30	2
20	30	2
25	30	2
20	30	2
30	30	2
40	30	1
40	30	1
40	40	1
40	50	1
40	50	1
35	50	2
30	50	2
30	50	3

Il est dangereux d'employer la machine à frottement, si plusieurs charges sont reliées par des câbles parallèles et placés de 40 à 50 pieds l'un de l'autre.

On voit par le tableau ci-dessus qu'une charge reliée à un câble, dont l'un des bouts est isolé, peut néanmoins être allumée par l'action inductrice d'un autre câble parallèle et séparé du premier par un espace de 30 pieds, pourvu qu'on emploie une certaine classe de générateurs électriques. Avec un autre générateur, la deuxième amorce n'était pas allumée, même si les câbles étaient tordus ensemble, ainsi qu'il a été démontré par d'autres essais.

Nous avons ensuite éloigné la machine à frottement pour continuer les essais avec des machines dynamos et des piles voltaïques ; mais nous n'avons jamais pu allumer plus d'une seule charge, qui était toujours celle reliée à la machine ou à la pile, même si les fils étaient tordus ensemble.

Ces expériences prouvent d'une façon absolue

que la détonation de la première charge allumée ne déterminait pas l'explosion de la deuxième et que l'action provenait uniquement de l'induction. Dans le cas contraire, les deux charges auraient été allumées simultanément, aussi bien par une machine dynamo ou une pile voltaïque que par la machine statique.

L'auteur sait parfaitement qu'une charge est souvent allumée par la détonation d'une autre, quand les deux se trouvent à une certaine distance limitée l'une de l'autre.

On pourrait se servir de cette puissance de l'induction pour allumer et détruire les mines de l'ennemi dans une guerre navale. Avec une batterie de 30 éléments Grove et le même genre de câble, nous avons pû allumer des charges à travers un défaut produit en enlevant 24 pouces de l'isolation et en plongeant le fil nu dans la mer. Avec une bobine d'induction, nous n'avons pas même pu allumer à travers un défaut d'isolation

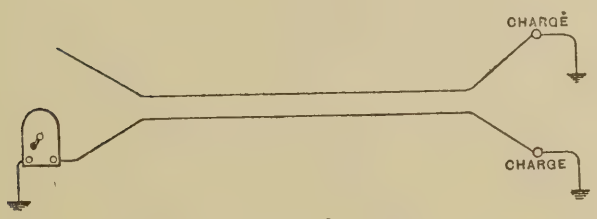


Fig. 9.

seulement suffisant pour exposer le conducteur à l'œil. L'exploseur magnétique de Wheatstone a allumé la charge à travers un défaut d'une longueur de 1/24 de pouce, mais ne put franchir 1/8 de pouce. La dynamo Siemens traversait un défaut mettant à nu 3/10 de pouce du conducteur. La machine à frottement de von Ebner traversait 4 1/2 pouces d'un conducteur nu et même une interruption complète. Une pile de 4 éléments de Grove traversait 3/8 de pouce, sans pouvoir aller jusqu'à 3/4 de pouce.

Nous avons entrepris ces essais et expériences élémentaires, afin de montrer rapidement et simplement à ceux qui n'ont pas de connaissances spéciales en électricité, le meilleur appareil de décharge à employer dans certaines circonstances et conditions.

Ces renseignements n'ont jamais été publiés, à ma connaissance, et comme ces faits ne semblent pas être généralement connus, je crois qu'ils sont assez intéressants pour qu'on en prenne note, afin d'éviter les accidents que pourrait entraîner l'emploi d'appareils de ce genre dans des mains inexpérimentées.

Les lignes téléphoniques en duplex. — Comme vous le savez déjà, une Compagnie a établi deux circuits en fil de bronze, entre New-York et Philadelphie, soit sur une distance d'environ 150 kilom. ; ces circuits doivent servir à établir des communications téléphoniques. A des distances pareilles, et pour éviter les effets d'induction, il est nécessaire d'employer des circuits métalliques complets ; or, dernièrement, M. John A Barret de Brocklyn N. Y., a inventé une nouvelle méthode, qui permet d'employer ces lignes en duplex.

Le système employé consiste à relier en circuit métallique, des transmetteurs et des récepteurs, placés dans un circuit combiné d'après le principe du pont de Wheatstone. Les branches du pont étant équilibrées d'une manière convenable, et les deux fils d'aller et de retour étant reliés, une seconde série d'appareils téléphoniques et télégraphiques est intercalée dans des branches, mises à la terre aux extrémités du circuit.

Dans cette disposition, les deux appareils placés dans cette branche, se correspondent ; les appareils placés sur le pont sont aussi réglés de manière à ne correspondre qu'entre eux.

Mais il y a certaines difficultés, qui consistent dans ce fait qu'une partie considérable de l'énergie du courant qui traverse le circuit, est dissipée dans les résistances d'équilibre, et en outre, les courants, agissant sur les aimants récepteurs, sont nécessairement faibles à cause des dérivations. M. Barret a essayé de remédier à cet inconvénient, en employant un système qui consiste à relier les appareils du double circuit, au moyen de translateurs, avec chaque côté du circuit, au lieu de les relier directement au moyen du pont. Les courants qui traversent le circuit métallique, n'ont plus qu'à traverser un circuit induit, tandis que les courants engendrés dans les branches extrêmes, à chaque station terminale, et qui viennent actionner le récepteur à l'autre station, ne peuvent pas affecter les appareils intermédiaires placés sur le double circuit, puisqu'il y a toujours deux courants induits égaux et contraires dans les translateurs, qui se neutralisent ainsi.

M. Barret emploie donc un double fil de ligne et, à chaque station terminale, introduit dans

chaque fil du circuit une bobine d'induction, munie de deux fils isolés placés côte à côte, et dont l'un est en circuit direct avec le double fil de ligne, tandis que l'autre est relié en circuit avec le fil secondaire d'un transmetteur téléphonique, et avec la bobine d'un téléphone récepteur.

De cette manière, les courants provenant d'une

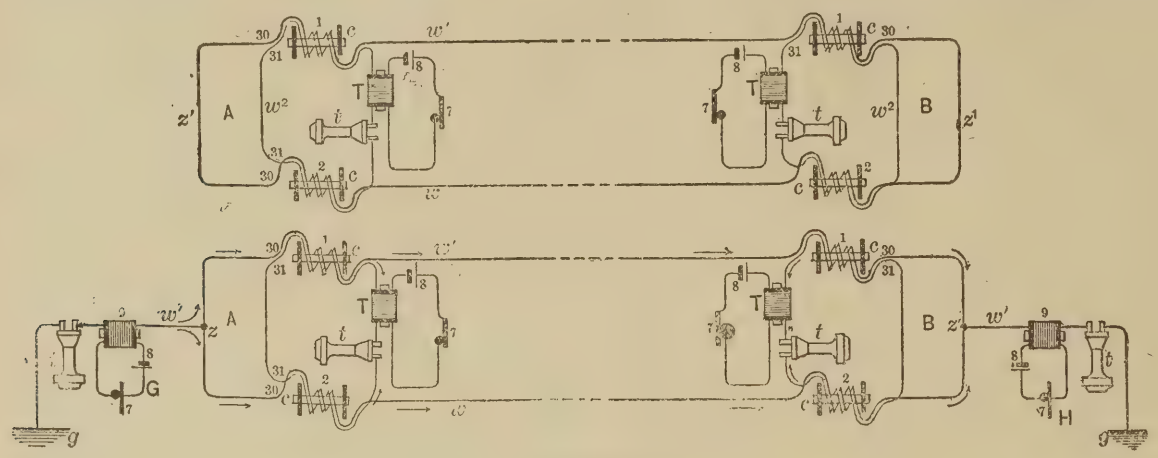


Fig. 10 et 11.

station extrême arrivent au récepteur par l'intermédiaire de translateurs, placés dans les deux lignes, tandis que les courants provenant des transmetteurs ou du circuit secondaire de la bobine des microphones, engendrent des courants de même direction tous les deux, et simultanément dans les deux translateurs ; ces courants s'ajoutent et viennent agir sur le récepteur par

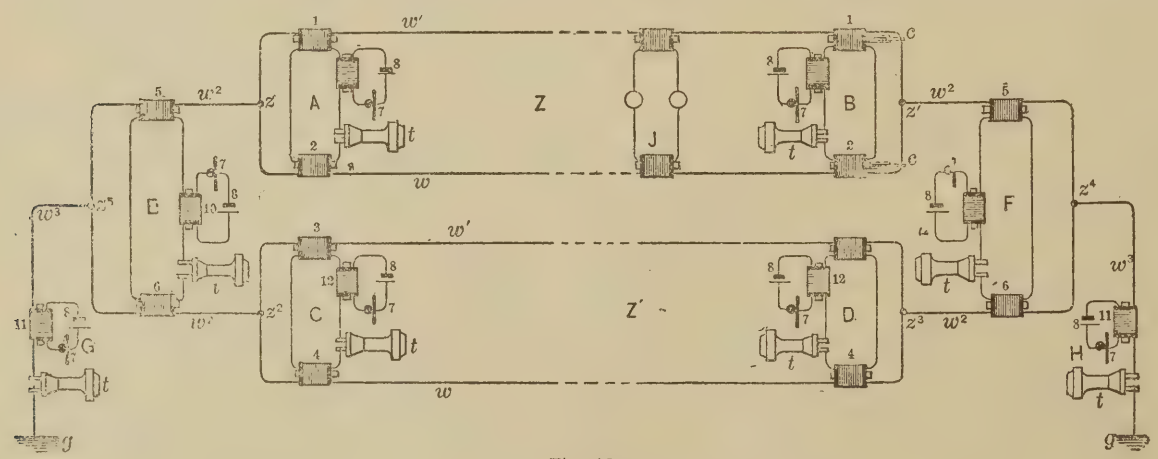


Fig. 12.

l'intermédiaire de translateurs semblables.

En un point du circuit métallique équidistant des translateurs, et à chaque station terminale, est relié un circuit mis à la terre, et renfermant les appareils téléphoniques ordinaires.

Les courants téléphoniques développés dans les transmetteurs à chaque station terminale, dans les circuits branchés, traversent les fils d'aller et de retour, à la fois dans le même sens ; par suite, tandis que le récepteur placé dans l'autre circuit dérivé à la terre sera mis en action, les appareils intermédiaires resteront passifs.

Dans les diagrammes ci-joints, la figure 10 représente le mode de communication adopté pour relier par induction, au moyen de translateurs, les appareils primaires. Comme on le voit, il y a à chaque station deux bobines ou translateurs 10 et 11 dont les fils identiques sont roulés côte à côte.

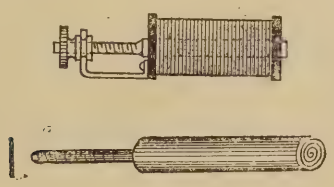
L'un des conducteurs, 30. est compris à chaque station dans le circuit des fils directs w et w', en sorte que les conducteurs de chaque bobine sont placés virtuellement en série avec la ligne.

Les autres fils, 31, sont placés dans un circuit local comprenant le récepteur ou téléphone magnétique t et la bobine secondaire de la bobine d'induction T du microphone 7.

Chacun des translateurs 1 et 2, renferme un noyau de fer doux que l'on peut régler, comme nous le verrons plus bas.

La bobine avec son noyau mobile est représentée par les fig. 13 et 14; le noyau est pourvu d'une tige filetée; au moyen d'un écrou fixe, on peut faire mouvoir ce noyau.

La fig. 11 montre un circuit métallique comprenant exactement les mêmes dispositions que celles indiquées en 1, mais ayant en plus des circuits dérivés à la terre Ce circuit w' est relié



au premier en un point z' équidistant des deux translateurs, et il est relié à un couple ordinaire d'appareils téléphoniques.

Ce circuit a naturellement une longueur quelconque, suivant la position des stations G et H.

M. Barret a trouvé qu'en pratique, les stations A et B peuvent communiquer parfaitement, sans affecter les appareils des stations G et H et que, de même, G et H peuvent communiquer simultanément, pendant la transmission entre A et B.

Considérons d'abord le cas des stations A et B; les courants secondaires engendrés dans la bobine du transmetteur T passent dans les conducteurs 31, et engendrent des courants tertiaires dans les translateurs; ces courants étant de même signe s'ajoutent et circulent dans le circuit métallique w w'; en B, ils agissent par induction sur les circuits secondaires de 1 et 2, et mettent en action le récepteur t, en reproduisant le message transmis en A.

Les deux translateurs de la station qui transmet peuvent être considérés comme fournissant à la fois les courants ondulés du circuit métallique.

Il est facile de voir que ces courants n'affectent en rien les circuits dérivés, bien entendu, si certaines conditions de symétrie sont remplies.

Considérons maintenant le cas de la transmission par les appareils des stations G ou H, les courants secondaires engendrés en 9 à la station G par exemple; ces courants se divisent en z entre les deux lignes, pour se réunir de nouveau en z', et aller agir sur le récepteur t en H. Les récepteurs en A et B restent inactifs, puisque les forces électromotrices engendrées dans les deux translateurs sont à chaque instant égales et de sens contraire par rapport au circuit local du téléphone t. Mais cette neutralité n'est obtenue que si les résistances et les coefficients d'induction mutuelle des translateurs 1 et 2 sont identiques; cette égalité s'obtient expérimentalement par l'action des noyaux mobiles dont nous avons parlé.

M. Barret a trouvé que, avec un réglage à la main, il est possible d'obtenir un équilibre suffisant; en adoptant un écrou, comme nous l'avons indiqué, on peut obtenir un équilibre parfait; la meilleure forme de noyau est celle que l'on obtient en enroulant une mince tôle de fer, comme l'indique la figure 14.

La figure 12 montre l'extension des principes que nous venons de développer et, si nous comprenons bien la pensée de l'auteur, on aurait là un système de communication en quadruplex.

Deux fils doubles séparés, z et z', sont alors réunis; chacun est arrangé comme dans la figure 2. Ils sont unis à chaque extrémité par une boucle w_2, dont chacun des bras est muni d'un translateur, 5 et 6. Ces bobines mettent en relation, par induction avec les deux doubles circuits, des stations téléphoniques E et F, les fils w et w' du circuit z formant fil d'aller et les parties correspondantes de z', fil de retour. Des circuits mis à la terre, w^3, sont reliés à chaque extrémité aux milieux z_4 et z_5 des boucles w^2; ces circuits renferment encore deux stations G et H. On voit que l'on peut augmenter à l'infini ces combinaisons.

Des stations intermédiaires peuvent, en outre, être reliées avec l'un quelconque des circuits doubles, par exemple en J.

Comme on le comprend, il faudra naturellement, en pratique, combiner les systèmes précédents avec les dispositifs de signaux usuels.

J. Wetzler

FAITS DIVERS

Le ministre des Postes et Télégraphes s'est rendu la semaine dernière au palais de la Bourse, afin d'expérimenter le nouveau téléphone qui va relier Paris à Bruxelles.

M. Granet a été reçu par le directeur et le sous-directeur du télégraphe du Palais de la Bourse.

Le public pourra, dans les premiers jours de janvier, correspondre par le téléphone avec Bruxelles.

On sait que le tarif réglementaire est de 3 fr. par cinq minutes.

Le préfet de la Seine vient de prendre l'arrêté suivant sur le fonctionnement des lignes électriques dans le département de la Seine :

Le Préfet du département de la Seine,

Vu l'ordonnance du 4 août 1731 ;

Vu le decret du 27 décembre 1851 ;

Vu la loi du 28 juillet 1885 ;

Vu les instructions de M. le ministre des postes et télégraphes, en date du 15 avril 1886 ;

Considérant que, pour des raisons d'ordre et de sécurité publique, il y a intérêt à maintenir les ouvrages établis pour assurer le fonctionnement des lignes électriques qui ont été construites dans le département de la Seine, en vue d'assurer la transmission des dépêches tant officielles que privées ;

Arrête :

Article premier. — M. le Directeur-ingénieur des postes et télégraphes de la région de Paris, est autorisé à maintenir les ouvrages établis pour assurer le fonctionnement des lignes électriques situées sur le territoire des 64 communes du département.

Art. 2. — M. le Directeur-ingénieur et les agents sous ses ordres sont autorisés à pénétrer, pour l'exécution des travaux que comporte l'entretien de ces lignes, dans les propriétés privées non closes et sur les bâtiments dont il aura été utilisé les murs, les toits ou terrasses, à la condition d'y accéder par l'extérieur.

Ils pourront faire, le long des fossés ou talus des routes et chemins, les dépôts du matériel nécessaire pour assurer cet entretien.

Art. 3. — Les propriétaires riverains sont mis en demeure de couper et d'élaguer les plantations qui, sur une hauteur de 7 m. 50 c. au-dessus du sol des routes ou des chemins, présenteraient des branches en saillie sur l'arête extérieure des fossés ou des talus et pourraient toucher aux fils.

Art. 4. — Dix jours après la notification du présent arrêté, il sera, le cas échéant, procédé d'office, par les soins de l'administration et aux frais du Ministère des postes et des télégraphes, à l'élagage et à la coupe des plantations mentionnées dans l'article précédent.

Art. 5. — Les supports ou attaches destinés à soutenir les fils électriques qui ont été fixés sur les maisons et constructions particulières, ainsi que les appuis et conduits placés en terrains non clos partout où cela a été jugé nécessaire, afin de ne pas obstruer la voie par des poteaux, dans les villes et villages, seront maintenus en place, sans que les propriétaires ou tiers intéressés puissent réclamer d'autre indemnité que celle du préjudice résultant des travaux, et sous réserve des droits spécifiés par l'art. 4 de la loi du 28 juillet 1885.

Art. 6. — Les fils électriques et tout le matériel des lignes sont mis sous la protection de MM. les maires, de la gendarmerie, des cantonniers et de tous autres agents de l'Administration publique.

Art. 7. — Le présent arrêté sera, par les soins des maires, notifié aux personnes sur les propriétés desquelles des attaches, supports, appuis ou conduits ont été placés ; cet arrêté sera, en outre, publié dans les formes ordinaires et affiché en placard dans les communes du département de la Seine ; il sera également inséré au *Recueil des Actes administratifs*.

Art. 8. — MM. les maires, M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées, M. l'Agent-voyer en chef, M. le commandant de la gendarmerie et M. le Directeur-ingénieur des postes et des télégraphes sont chargés d'en assurer l'exécution, chacun en ce qui le concerne.

Fait à Paris, le 8 décembre 1886.

Le préfet de la Seine,

POUBELLE

Les promoteurs du chemin électrique, à Lucerne, ont abandonné leur projet.

Le système de traction électrique de M. Julien va prochainement être appliqué aux tramways de Rio-de-Janeiro.

Les désastres causés en Angleterre par la tempête du 26 décembre dernier sont incalculables ; les pertes sont considérables pour le gouvernement, et ruineuses pour plusieurs compagnies de téléphone et de télégraphie. A Londres même tout le réseau aérien des télégraphes et des téléphones n'existe pour ainsi dire plus ; et le 27 au

matin, les fils tombés dans les rues semblaient les couvrir d'un vaste filet métallique. Pendant quarante-huit heures, l'Angleterre est restée sans communication avec le reste de l'Europe. Sur toute la partie méridionale du pays, les fils et poteaux télégraphiques ont été brisés et renversés et les communications ont été interrompues.

Éclairage électrique

La ville de Nice possède, depuis peu, une station centrale de lumière électrique qui prend tous les jours une plus grande importance. Nous apprenons aussi que l'éclairage électrique est installé à Saint-Aignan-sur-Cher, petit chef-lieu de canton du département de Loir-et-Cher.

La municipalité de Wiesbade a décidé de faire installer une usine centrale de lumière électrique, pour laquelle le directeur de l'usine à gaz de la ville a été chargé des études nécessaires.

La ville de Lubeck a voté il y a un an une somme d'environ 370,000 francs pour l'installation d'une station centrale fournissant la lumière électrique à l'Hôtel-de-Ville et aux rues adjacentes. Cette installation va maintenant comprendre l'éclairage du port ; la ville a reçu des offres de plusieurs entreprises d'électricité.

Les chutes du Rhin à Schaffouse, vont être utilisées à la production de l'électricité par une Société qui se propose d'installer une importante fabrique d'aluminium ; ce métal sera produit au moyen de l'électricité. Les travaux sont déjà commencés depuis quelques semaines.

La lumière électrique vient d'être définitivement adoptée pour l'éclairage de la *Grande-Place* à Bruxelles. L'installation se compose actuellement de deux régulateurs d'environ 500 carcels chacun placés dans des globes opalins et fixés à des mâts provisoires de 16 mètres de hauteur.

La force motrice est fournie par une machine à gaz du système Otto, de 12 chevaux, tournant à 150 tours. Elle consomme 8 mètres cubes de gaz à l'heure pour l'alimentation des deux lampes. Le prix du gaz ne dépassant pas dix centimes par mètre cube, cet éclairage se fait dans des conditions économiques très avantageuses.

M. Zanni de Modène fabrique les filaments des lampes à incandescence au moyen d'une pâte composée de charbon et de goudron ou autre matière analogue. Cette pâte est ensuite mise dans un cylindre métallique dont l'un des fonds est percé d'un trou en rapport avec le diamètre du filament qui sert ainsi de filière. En comprimant la pâte dans le cylindre à l'aide d'un piston, la pâte sort par la filière sous forme d'un filament plus ou moins mince.

On coupe le filament en morceaux de longueur égale qu'on fait sécher et qu'on chauffe ensuite au blanc. A cette haute température le charbon est devenu poreux et on le fait chauffer une seconde fois dans une solution de chlorure de platine ou d'iridium et de chlorure de chaux qui le pénètre, et lui donne de la solidité. Au sortir de ce bain bouillant, on fait sécher de nouveau.

Une entreprise d'éclairage électrique américaine a offert à la municipalité de Christiana, en Norwège, d'éclairer les rues de la ville avec la lumière électrique. Il est cependant peu probable que l'offre soit acceptée, car, si les autorités se décident à adopter l'éclairage électrique, la préférence sera certainement donnée à une entreprise norwégienne.

La ville de Filipstad, en Suède, va être éclairée à la lumière électrique. Le prix des lampes à arc de 1200 bougies sera de 187,50 fr. par an et par lampe. Le prix de la lumière à incandescence n'a pas encore été fixé.

Depuis quatre ans on poursuit à Uto, près de Stochholm, des expériences pour fabriquer des charbons pour lampes à incandescence ; une société a maintenant été formée pour une fabrication régulière au capital de 125,000 fr. On espère pouvoir vendre, rien qu'en Suède, pour 75,000 francs de charbons par an, ce qui laisserait un bénéfice de 45.000 fr. environ.

Le conseil municipal de Belgrade a décidé de faire faire des travaux importants dans la ville et notamment de réorganiser le service de l'éclairage public. Une concession sera accordée à l'entrepreneur offrant les prix les plus favorables et les soumissions seront acceptées à Belgrade jusqu'au 10 mars prochain. La mairie de Belgrade fournit, moyennant 20 francs, des plans de la ville.

Une récente circulaire de l'Amirauté anglaise prescrit d'exécuter deux fois par an les manœuvres nécessaires pour habituer les vaisseaux à se servir de la lumière électrique dans leur défense contre les bateaux torpilleurs. A cet effet, un signal sera placé à deux mètres au-dessus de l'eau et à une distance qui ne sera jamais inférieure à

500 mètres. Les navires devront le découvrir le plus rapidement possible à l'aide de leurs projecteurs et diriger sur lui leurs obus.

La ville de Philadelphie ne possède pas encore d'installation centrale pour l'éclairage à incandescence, mais une usine sera construite sous peu. Le nombre des foyers à arc dépasse 2000.

Télégraphie et Téléphonie

Il ressort de la statistique publiée par l'administration des Postes et Télégraphes, en Allemagne, pour l'année 1885, que la longueur des lignes télégraphiques étaient à la fin de 1885 de 71,617,50 kilomètres dont 3230 ont été construits pendant l'année. Il y avait 65,958,82 kilomètres de lignes aériennes, 5,616,77 kilomètres sous terre et 4191 kilomètres de câbles sous-marins. La longueur des fils était de 252,435,32 kilomètres.

L'administration possède 8207 bureaux; les chemins de fer, autorisés à recevoir les dépêches particulières, en ont 3239 et 310 sont entre les mains de particuliers, soit en tout 11,756 bureaux, ce qui constitue une augmentation de 891 sur l'année précédente, et un bureau par 37,9 kilomètres carrés et par 3354 habitants.

Les appareils employés sont au nombre de 15235 dont 9313 du système Morse, 212 appareils Hughes, 5458 téléphones et 252 instruments divers.

Le trafic à l'intérieur de l'empire se chiffre par 11,226,634 télégrammes et pour l'extérieur par 2,642,421. Les dépêches arrivées de l'étranger étaient au nombre de 2,799,186 et le transit compte 816,179, ce qui donne un total de 17,474,417 dépêches. On a expédié 288,952 dépêches pour la France et on en a reçu 374,856.

Le nombre total des bureaux télégraphiques en Europe était à la fin de 1885 de 44,700, ou bien un bureau par 219 kilomètres carrés et par 7427 habitants.

Les dépêches transmises pendant l'année s'élèvent à 117 millions.

Le câble télégraphique entre San Juan del Sur et Panama, vient d'être réparé.

La *Western Union Telegraph C°*, a installé un fil de cuivre sur le chemin de fer de l'*Union Pacific* de Omaha, à Denver pour établir des communications télégraphiques avec les trains en marche selon le système Edison. L'installation fonctionne d'une manière satisfaisante depuis le 10 novembre dernier.

On parle beaucoup à New-York d'une fusion entre les deux grandes entreprises télégraphiques la *Western Union Telegraph* C° et la *Baltimore and Ohio* C°, mais les présidents des deux Sociétés ont refusé de renseigner la presse sur le bien-fondé de ce bruit.

La ville d'Albany, la capitale de l'Etat de New-York, est un des centres télégraphiques les plus importants des Etats-Unis. Le nombre de lignes arrivant de l'extérieur dépasse 200, tandis qu'à New-York, le plus grand centre de l'Union, il n'y en a que 600. Après New-York vient Philadelphie.

Un des câbles transatlantiques était interrompu depuis six semaines par suite d'une rupture près de Lando End; il vient d'être réparé et fonctionne de nouveau.

Le gouvernement brésilien a maintenant prolongé son réseau terrestre dans la région septentrionale de l'Empire jusqu'au port de Para (Belem) qui est déjà relié au réseau international par les câbles de la *Western and Brazilian Telegraph C°*. La taxe applicable à partir de Pernambuco aux télégrammes échangés par la voie terrestre avec Para, est de 1 franc par mot.

La *Western and Brazilian Telegraph C°* a réduit de son côté la taxe applicable à partir de Lisbonue pour Para de 15,62 et demi francs à 11,12 et demi francs par mot, soit au même chiffre que pour Cearo, Maranham et les autres bureaux situés au nord de Pernambuco. Cette taxe est applicable aussi bien aux télégrammes échangés par les câbles de la Compagnie sur les côtes du Brésil qu'à ceux qui empruntent à partir de Pernambuco les lignes terrestres du gouvernement brésilien.

Le conseil municipal de Paris a eu à se prononcer dernièrement sur l'installation dans les écoles primaires de postes téléphoniques reliés au réseau de Paris. La question est venue à propos de l'Ecole normale d'Auteuil pour l'abonnement de laquelle l'administration demandait un crédit de 600 francs.

Le crédit a été repoussé, mais le Conseil a demandé à l'administration de lui soumettre un projet général concernant toutes les écoles primaires où le téléphone pourrait être utile.

Cette mesure est une conséquence directe de la résolution, déjà prise par le Conseil il y a plusieurs mois, d'introduire le nouveau moyen de communication dans tous les services de la Ville et du département.

Le Directeur-Gérant : Dr C.-C. SOULAGES.

Imprimerie de LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 15 JANVIER 1887 N° 3

SOMMAIRE. — Essai sur les dimensions des grandeurs physiques; E. Raverot. — Sur la définition des coefficients d'induction; P.-H. Ledeboer. — Théorie graphique des dynamos à courants continus; R.-V. Picou. — Prédétermination des caractéristiques des machines dynamos-électriques; G. Kapp. — Le laboratoire central d'électricité; F. Géraldy. — Revue des travaux récents en électricité : Sur le problème de la distribution électrique, par M. H. Poincarré. — Sur la nature des actions électriques dans un milieu isolant. Deuxième note de M. A. Vaschy. — Sur la pression électrique et les phénomènes électro-capillaires; par M. P. Duhem. — Galvanomètre à grande sensibilité, de J. Kolbert. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre; J. Munro. — États-Unis J. Wetzler. — Variétés : Le procès Bell en Amérique; C.-C. Haskins. — Faits divers.

ESSAI SUR LES DIMENSIONS

DES

GRANDEURS PHYSIQUES

Les systèmes absolus aujourd'hui employés sont fondés sur trois unités fondamentales : la longueur, la masse et le temps; les formules dites de dimensions, qui servent à montrer les relations des unités dérivées avec les unités fondamentales, présentent, dans certains cas, une assez grande complication (en particulier pour les unités électriques et magnétiques). Gauss, croyons-nous, a indiqué le premier qu'il est théoriquement possible de fonder un système d'unités sur deux unités fondamentales seulement, en éliminant une des trois unités ordinairement employées par une équation astronomique quelconque, où la masse d'un corps apparaît dans quelques termes et non dans tous. Voici comment Clerk Maxwell s'exprime à ce sujet [1] :

« Si, comme dans le système astronomique, l'unité de masse est définie au moyen de sa puissance attractive, les dimensions de [M] seront $[L^3 T^{-2}]$. En effet, l'accélération due à une masse M à la distance R est, d'après la loi de Newton, $\frac{M}{R^2}$. Supposons que cette accélération agisse pendant un temps très court t sur un corps primitivement au repos, et qu'elle lui fasse parcourir un espace s; alors, d'après la formule de Galilée :

$$s = \frac{1}{2} f t^2 = \frac{1}{2} \frac{M}{R^2} t$$

d'où

$$M = \frac{2 R^2 s}{t^2}$$

Puisque R et s sont des longueurs et t un temps, cette égalité ne peut être vraie que si les dimensions de [M] sont $[L^3 T^{-2}]$. »

« Un système de cette nature, dit ailleurs M. Everett [1], serait particulièrement commode en astronomie, mais il ne donnerait aucune exactitude dans les questions ordinaires de la physique

(1) *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, par Clerk Maxwell, traduction Seligmann-Lui. Paris, 1885; t. Ier, p. 2 et suivantes.

(1) *Unités et constantes physiques*, par Everett, traduction Raynaud. Paris, 1883; p. 64 et suivantes.

terrestre, parce qu'on ne peut comparer que grossièrement la masse de la terre aux masses que nous pesons dans nos balances. »

Il peut ne pas sembler inutile, après ces citations, de chercher si l'application théorique du système astronomique fondé sur deux unités seulement, aux formules de dimensions, ne conduirait pas à quelque simplification, si des relations obscurcies jusqu'ici par la complication des formules, ne pourraient se faire jour [1] (Tabl. I et II).

Les dimensions des quantités magnétiques indiquées en fonction des trois unités M—L—T sont celles proposées par M. Clausius, et non pas celles que l'on donne d'ordinaire; en voici le motif : « La définition de la quantité de magnétisme, disent MM. Jamin et Bouty [2], ne peut,

TABLEAU I

Application aux grandeurs mécaniques

Dimensions en fonction des grandeurs fondamentales	Dimensions ordinaires	Dimensions astronomiques		
	—M—L—T—	M — L	M — T	L — T
Vitesse V	$L T^{-1}$	$M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}}$	$M^{\frac{1}{3}} T^{-\frac{1}{3}}$	$L T^{-1}$
Accélération γ	$L T^{-2}$	$M L^{-2}$	$M^{\frac{1}{3}} T^{-\frac{4}{3}}$	$L T^{-2}$
Force $F = M \gamma$ (poids $P = Mg$)	$M L T^{-2}$	$M^{2} L^{-2}$	$M^{\frac{4}{3}} T^{-\frac{4}{3}}$	$L^{4} T^{-4}$
Effort ou pression (force par unité de surface)	$M L^{-1} T^{-2}$	$M^{2} L^{-4}$	$M^{\frac{2}{3}} T^{-\frac{8}{3}}$	$L^{2} T^{-4}$
Poids spécifique (force par unité de volume)	$M L^{-2} T^{-2}$	$M^{2} L^{-5}$	$M^{\frac{1}{3}} T^{-\frac{10}{3}}$	$L T^{-4}$
Densité (masse de l'unité de volume)	$M L^{-3}$	$M L^{-3}$	T^{-2}	T^{-2}
Impulsion ou quantité de mouvement (produit d'une force par un temps)	$M L T^{-1}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{-\frac{1}{2}}$	$M^{\frac{4}{3}} T^{-\frac{1}{3}}$	$L^{4} T^{-3}$
Énergie $\mathfrak{T}$ (travail sous toutes les formes)	$M L^{2} T^{-2}$	$M^{2} L^{-1}$	$M^{\frac{5}{3}} T^{-\frac{2}{3}}$	$L^{5} T^{-4}$
Puissance mécanique $\mathfrak{W}$ (énergie rapportée à l'unité de temps)	$M L^{2} T^{-3}$	$M^{\frac{5}{2}} L^{-\frac{5}{2}}$	$M^{\frac{5}{3}} T^{-\frac{5}{3}}$	$L^{5} T^{-5}$

dans le système électrostatique, être empruntée qu'aux actions électromagnétiques : la loi des actions électromagnétiques exprimé par la formule d'Ampère (appliquée à un courant circulaire agissant sur un pôle placé en son centre $f = \frac{i \mu ds \sin \omega}{r^2}$) s'exprime symboliquement :

$$F = \frac{i \mu}{L}$$

d'où

$$\mu = \frac{F L}{i} M L T^{-2} \times L \left(M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-2}\right)^{-1} = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}$$

« Récemment, M. Clausius s'est fondé sur l'assimilation d'un aimant de moment **M** à un courant fermé d'aire S et d'intensité i, telle que $Si = \mathbf{M}$, pour déterminer les dimensions du pôle

(1) L'élimination de l'une des trois grandeurs fondamentales au moyen de la relation astronomique a déjà été employée par M. Szarvady dont les travaux parus en 1884 sont connus des lecteurs de ce journal (tome VIII). M. Szarvady faisait intervenir en même temps d'autres lois physiques et les résultats qu'il a obtenus sont curieux surtout à un point de vue philosophique.

(2) *Cours de Physique* de l'École polytechnique, par MM. Jamin et Bouty, t. IV, p. 263.

TABLEAU II

Application aux grandenrs électriques et magnétiques

Electro-magnétiques	Electro magnétiques-astronomiques			Dimensions en fonction des grandeurs fondamentales	Electro-statiques	Electrostatiques-astronomiques			
M—L—T	M—L	M—T	L—T		M—L—T	M—L	M—T	L—T	
$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}$	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}$	$M^{\frac{2}{3}} T^{\frac{1}{3}}$	$L^{2} T^{-1}$	Quantité d'électricité Q.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}$	M	M	$L^{3} T^{-2}$	M
$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$M L^{-1}$	$M^{\frac{2}{3}} T^{-\frac{2}{3}}$	$L^{2} T^{-2}$	Courant électrique.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2}$	$M^{-\frac{1}{2}} L^{-\frac{3}{2}}$	$M T^{-1}$	$L^{3} T^{-3}$	$\frac{M}{T}$
$L^{-1} T^{2}$	$M^{-1} L^{2}$	$M^{\frac{1}{3}} T^{\frac{4}{3}}$	$L^{-1} T^{2}$	Capacité.....	L	L	$M^{\frac{1}{3}} T^{\frac{2}{3}}$	L	L
$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{-\frac{3}{2}}$	$M T^{-1}$	$L^{3} T^{-3}$	Potentiel	$M^{\frac{1}{2}} L^{-1} T^{-1}$	$M L^{-1}$	$M^{\frac{2}{3}} T^{-\frac{2}{3}}$	$L^{2} T^{-2}$	
$L T^{-1}$	$M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}}$	$M^{\frac{1}{3}} T^{-\frac{1}{3}}$	$L T^{-1}$	Résistance.....	$L^{-1} T$	$M^{-\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}$	$M^{-\frac{1}{3}} T^{\frac{1}{3}}$	$L^{-1} T$	
$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}$	M	M	$L^{3} T^{-2}$	Pôle magnétique, quantité de magnétisme μ.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{5}{2}} T^{-2}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{-\frac{1}{2}}$	$M^{\frac{4}{3}} T^{-\frac{1}{3}}$	$L^{4} T^{-3}$	$M \frac{L}{T}$ ou MV
$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{5}{2}} T^{-1}$	ML	$M^{\frac{4}{3}} T^{\frac{2}{3}}$	$L^{4} T^{-2}$	Moment d'aimant $\mathbf{M} = \mu L = i L^2$ formule de Weber.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{7/2} T^{-2}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{\frac{1}{2}}$	$M^{\frac{5}{3}} T^{\frac{1}{3}}$	$L^{5} T^{-3}$	$M L^{2} T^{-1}$
$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$M L^{-1}$	$M^{\frac{2}{3}} T^{-\frac{2}{3}}$	$L^{2} T^{-2}$	Potentiel magnétique $\Omega = \Sigma \frac{\mu}{r}$.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2}$	$M^{-\frac{1}{2}} L^{-\frac{3}{2}}$	$M T^{-1}$	$L^{3} T^{-3}$	$\frac{M}{T}$
$M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$	$M L^{-2}$	$M^{\frac{1}{3}} T^{-\frac{4}{3}}$	$L T^{-2}$	Intensité de champ magnetique $h = \frac{\mu}{r^2} = \frac{ids \sin \theta}{r^2}$.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{-\frac{5}{2}}$	$M^{\frac{2}{3}} T^{-\frac{5}{3}}$	$L^{2} T^{-3}$	$\frac{M}{L^2} \frac{L}{T}$ ou $\frac{MV}{L^2}$

magnétique dans le sytème électrostatique; or, on a

$$\mathbf{M} = \mu L$$

en désignant par μ l'intensité du pôle magnétique unité, d'où :

$$\mu = \frac{\mathcal{M}}{L} = \frac{i L^2}{L} = L\, i = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{5}{2}} T^{-2}$$

« Les dimensions du pôle ne sont donc pas les mêmes dans le système électrostatique, suivant que l'on rattache l'unité de magnétisme à l'unité d'électricité, par la loi des actions électromagnétiqes ou par la loi de Weber sur l'équivalence des aimants et des courants.

« M. J. Thomson fait observer qu'en réalité l'identité d'effet sur laquelle se fonde M. Clausius n'a été démontrée expérimentalement que quand le milieu interposé entre l'aimant ou le courant équivalent et le second courant est l'air; cette identité pourrait se changer en proportionnalité au sein d'un milieu magnétique, et alors le coefficient de proportionnalité dépendrait des grandeurs fondamentales, aurait, en un mot, des dimensions. Il en résulte que les dimensions de l'unité magnétique se trouveraient changées. D'après M. Thomson, les dimensions du coefficient de proportionnalité doivent être telles qu'on retrouve pour les dimensions du pôle magnétique l'expression $M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}$, donnée ci-dessus. »

Dans ces considérations, nous voyons la conclusion de M. J. Thomson très discutable; on conçoit très bien que l'influence du milieu se traduise par un coefficient de proportionnalité dans les formules d'action à distance, coefficient qui peut dépendre même de la nature de l'action (car nous ne savons pas *a priori* si les actions électriques et les actions magnétiques sont de nature identique); mais faut-il imaginer *a priori*, avec M. Thomson, que deux grandeurs équivalentes vis-à-vis d'une troisième, dans un milieu donné, ne s'équivalent plus vis-à-vis de cette troisième, parce que le milieu a changé?

Nous inclinons, au contraire, à penser que l'équivalence entre un aimant et un courant vis-à-vis d'un autre courant ou d'un autre aimant ne change pas avec le milieu; c'est pourquoi nous avons admis, d'après M. Clausius, les dimensions qui résultent de la formule de Weber.

Si l'on objecte ce que cette conclusion a d'hypothétique, nous ferons remarquer que les dimensions ordinairement admises de l'unité électrostatique de pôle magnétique s'obtiennent par la formule symbolique

$$\mu = \frac{F L}{i}$$

en admettant que $F = M L T^2$, c'est-à-dire que la force électromagnétique exprimée par la formule d'Ampère est une force identique aux forces ordinaires de la mécanique (ou aux forces de gravitation). C'est là aussi une hypothèse absolument gratuite, que l'on admet inconsciemment; nous ne faisons que lui substituer, pour les motifs indiqués, celle de la formule de Weber.

L'application de la relation astronomique donne pour chaque grandeur au moins une équation de dimensions ne contenant que des puissances entières de deux des unités fondamentales ordinaires.

Mais une difficulté se présente immédiatement si l'on veut attribuer un sens physique à ces dimensions.

Le symbole M représente à la fois :

La dimension de la masse astronomique;

La dimension électrostatique de la quantité d'électricité;

La dimension électromagnétique de la quantité de magnétisme.

Il désigne en fait trois grandeurs physiques, dont rien *a priori* n'autorise à admettre l'identité, mais qui exercent toutes trois, dans l'air et à distance, des actions apparentes identiques.

On admet généralement aujourd'hui d'après les vues de Faraday, suivi par Maxwell, que les actions à distance s'effectuent par l'intermédiaire mécanique du milieu, et l'on est d'accord que pour tenir compte de l'influence du milieu, il faut introduire dans les formules d'actions à distances variables avec le milieu, un facteur de proportionnalité ayant des dimensions déterminées. La plupart des auteurs admettent en outre et pour des motifs divers que le système des unités électromagnétiques étant celui où le coefficient de la loi fondamentale peut-être égalé à l'unité, c'est

ce système qui doit être adopté [1]. Que cette conclusion soit juste ou non, s'ensuit-il nécessairement que les formules de dimensions électromagnétiques soient précisément celles que peuvent et doivent nous révéler les relations des grandeurs électriques et mécaniques entre elles ?

Evidemment non, car nous ne savons pas de prime abord si les dimensions aujourd'hui admises des grandeurs mécaniques sont précisément exprimées dans le système électromagnétique, condition nécessaire pour que la comparaison soit admissible.

Observons au contraire, que les grandeurs mécaniques sont toujours exprimées en unités de gravitation, car la notion de force qui sert de fondement à la mécanique moderne repose sur l'équation.

$$P = mg \qquad \text{ou} \qquad F = M\gamma$$

simple cas particulier de l'attraction Newtonienne, ainsi que M. Mercadier l'a fait remarquer.

Pour que les dimensions aujourd'hui admises des grandeurs mécaniques, exprimées en unités de gravitation soient précisément celles du système électromagnétique, il faudrait nécessairement que la loi d'attraction Newtonienne, que l'attraction réelle des corps matériels à distance fut indépendante de la nature du milieu interposé, comme semblent l'être les attractions magnétiques, électrodynamiques et électromagnétiques.

L'expérience seule pourrait se charger d'élucider complètement une telle question ; la méthode de Cavendish, sous la forme où l'ont appliquée MM. Cornu et Baille à la mesure du coefficient d'attraction, semblerait susceptible de fournir la mesure de ce même coefficient dans les divers isolants et spécialement dans les isolants liquides [2].

Nous insistons sur ce fait que d'ordinaire on admet implicitement et inconsciemment que les dimensions usuelles des grandeurs mécaniques et celles du système électromagnétique sont comparables. — Au lieu de cette hypothèse, nous admettons que les dimensions comparables sont celles des grandeurs mécaniques et celles du système électro-statique, ce qui équivaut à supposer que le milieu où s'exerce l'action à distance influe pareillement dans les phénomènes d'attraction Newtonicnne et électrostatique.

Les dimensions comparables sont seules susceptibles de nous révéler les rapports des diverses grandeurs, mais nous ne prétendons pas pour cela que les définitions actuelles de ces grandeurs dans les systèmes comparables sont l'expression complète et formelle des définitions du système absolu dont il est permis de concevoir théoriquement et objectivement l'existence. La forme des équations actuellement exactes dans les systèmes comparables pourra n'être point conservée, leur signification physique ne changera pas.

Par exemple, dans l'hypothése que nous substituons, la grandeur physique désignée sous le nom de force dans les attractions Newtonienne et électrostatique dépend du milieu et ne peut être confondue avec celle indépendante du milieu des attractions magnétiques, électrodynamiques et électromagnétiques ; ce sont deux grandeurs différentes qu'il importe de distinguer.

Nous appellerons *action* et nous désignerons par $\mathcal{F}$ la force indépendante du milieu, réservant le nom de *force* et le symbole F pour l'action dépendante du milieu ainsi nommée en mécanique.

L'expression analytique des lois fondamentales de la physique et des équations de dimensions conforme à cette distinction et à l'hypothèse adoptée est présentée dans les tableaux III et IV.

Le tableau contient, outre les dimensions électrostatiques astronomiques (c'est-à-dire où l'on a éliminé une des trois grandeurs fondamentales par la relation astronomique) spécialement visées, les dimensions électrostatiques déjà données, les dimensions électromagnétiques et les dimensions électromagnétiques astronomiques ; la dernière colonne de droite contient la forme des dimensions électrostatiques astronomiques qui nous a paru la plus propre à mettre en relief les relations entre les diverses grandeurs.

---

[1] Il résulte, en effet, des travaux de MM. Mercadier et Vaschy, (Voir le journal *La Lumière Électrique*, t. VIII) que les actions électrodynamiques et électromagnétiques sont réellement indépendantes de la nature du milieu, tant que celui-ci n'est pas conducteur, et cette exception apparente relative aux milieux conducteurs doit sans doute être attribuée aux phénomènes spéciaux d'induction électromagnétique qu'ils présentent.

[2] Dans notre idée, l'expérience indiquée devrait manifester si les actions mécaniques à distance sont au même degré que les actions électrostatiques affectées par le milieu.

Les observations suivantes résultent de l'examen du tableau.

Le coefficient k, relatif au milieu dans les actions à distance variables avec ce milieu, a des dimensions déterminées

$$k = \frac{\mathcal{F}}{F} \qquad [k] = \left[\frac{M^2\,T^{-2}}{M^2\,L^{-2}}\right] = \left[L^2\,T^{-2}\right] = \left(\frac{L}{T}\right)^2$$

il représente le carré d'une vitesse; nous l'écrirons indifféremment, dans la suite, k ou V^2.

La quantité d'électricité a les dimensions de la masse.

(M. Clausius, dans son discours sur les grands agents de la nature [1], n'a-t-il pas déjà énoncé que la substance dont il faut admettre en physique l'existence dans tout l'univers pour expliquer la propagation de la lumière à travers les espaces célestes, n'est autre que l'électricité elle-même).

TABLEAU III

Loi de Newton $F = \frac{M^2}{R^2}$	$F = M^2\,L^{-2}$
Loi électrostatique de Coulomb $F = \frac{Q^2}{R^2}$	
Lois des actions magnétiques de Coulomb $\mathcal{F} = \frac{\mu_1}{r^2}$	$f = \mathcal{F} = M^3\,L^{-3} = M^2\,T^{-2}$
Loi des actions électromagnétiques, formule élémentaire de Laplace $\mathcal{F} = \frac{i\,\mu\,ds\,\sin\theta}{R^2}$	
Loi des actions électrodynamiques, formules élémentaires d'Ampère. $f = \frac{2\,i\,i'\,ds\,ds'}{R^2}\left\{\sin\theta\,\sin\theta'\,\cos\varepsilon - \frac{1}{2}\cos\theta\,\cos\theta'\right\}$	
$f = \frac{2\,i\,i'\,ds\,ds'}{R^2}\left\{\cos\omega - \frac{3}{2}\cos\theta\,\cos\theta'\right\}$	
Formule élémentaire de Grassmann $f = \frac{i\,i'\,ds\,ds'}{R^2}\sin\theta\,\sin\theta'$	

Les dimensions du courant électrique sont le quotient d'une masse par un temps.

Le potentiel électrostatique a les dimensions de l'énergie rapportée à l'unité de masse.

Le potentiel magnétique a les dimensions du courant comme la puissance magnétique d'un feuillet qui est identique. C'est d'ailleurs une conséquence immédiate de la formule de Weber.

L'intensité d'un champ magnétique est le quotient d'une impulsion par une longueur.

La quantité de magnétisme a les dimensions de la quantité de mouvement. Cette quantité devient l'une des grandeurs fondamentales dans le système électromagnétique; en sorte que choisir ce système revient en fait à prendre pour grandeur fondamentale la quantité de mouvement au lieu de la masse.

Ce résultat est à rapprocher de l'expérience capitale due à M. Rowland; on sait, en effet, qu'au moyen d'un disque électrisé animé d'une vitesse de rotation très rapide, il a reproduit l'action d'un courant circulaire sur l'aiguille aimantée; le disque électrisé en mouvement équivaut à un feuillet magnétique; son intensité Φ est proportionnelle à celle du courant, c'est-à-dire à la quantité passant par unité de temps $i = \frac{M}{T}$ et à la surface enclose par le courant, ou bien à L^2:

$$[\Phi] = [M\,L^2\,T^{-1}]$$

d'autre part, on a toujours $\Phi = \mu L$; on retrouve donc

$$\mu = M\,L\,T^{-1}$$

L'expérience de Rowland est la justification *a posteriori* des hypothèses nécessaires pour parvenir aux conclusions énoncées.

Dans les phénomènes électrostatiques, on sait que l'iufluence du milieu existe. Le coefficient a introduire dans la formule de Coulomb, pour

(1) Traduit dans le journal *La Lumière Électrique*, t. XVI, 1885, p. 253.

Électromagnétiques	Électromagnétiq. astronomiques	Dimensions	Électrostatiques	Électrostatiques-astronomiques	
	$\mathfrak{M}^{\frac{1}{3}} L^{-\frac{1}{3}}$	Vitesse v	$L T^{-1}$	$M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}}$ ou $L T^{-1}$	$L T^{-1}$
	$\mathfrak{M}^{\frac{2}{3}} L^{-\frac{5}{3}}$	Accélération γ.....	$L T^{-2}$	$M L^{-2}$ ou $L T^{-2}$	$L T^{-2}$
	$\mathfrak{M}^{2} L^{-2}$	Action $\mathcal{F} = k F$ (indépendante du milieu).....		$M^{3} L^{-3}$ ou $M^{2} T^{-2}$	$M^{2} T^{-2}$
	$\mathfrak{M}^{\frac{4}{3}} L^{-\frac{4}{3}}$	Force (variable avec le milieu $F = M\gamma$).....	$M L T^{-2}$	$M^{2} L^{-2}$	$M^{2} L^{-2}$
	$\mathfrak{M}^{\frac{4}{3}} L^{-\frac{10}{3}}$	Effort ou pression (force par unité de surface)...	$M L^{-1} T^{-2}$	$M^{2} L^{-4}$	$M^{2} L^{-4}$
	$\mathfrak{M}$	Impulsion, quantité de mouvement.....	$M L T^{-1}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{-\frac{1}{2}}$	$M L T^{-1}$ ou $L^{4} T^{-3}$
	$\mathfrak{M}^{\frac{4}{3}} L^{-\frac{1}{3}}$	Énergie $\mathcal{E}$.....	$M L^{2} T^{-2}$	$M^{2} L^{-1}$	$M^{2} L^{-1}$ ou $L^{5} T^{-4}$
	$\mathfrak{M}^{\frac{5}{3}} L^{-\frac{5}{3}}$	Puissance mécanique.....	$M L^{2} T^{-3}$	$M^{\frac{5}{2}} L^{-\frac{5}{2}}$	$M^{2} L^{-1} T^{-1}$ ou $L^{5} T^{-5}$
$\mathfrak{M}^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}$	$\mathfrak{M} L^{-1} T$	Quantité d'électricité.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}$	M	M
$\mathfrak{M}^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$\mathfrak{M} L^{-1}$	Courant électrique.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2}$	$M T^{-1}$	$M T^{-1}$
$L^{-1} T^{2}$	$\mathfrak{M}^{-1} L^{2}$	Capacité.....	L	L	L
$\mathfrak{M}^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2}$	$\mathfrak{M}^{\frac{3}{2}} L^{-\frac{3}{2}}$	Potentiel.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$M L^{-1}$	$M L^{-1}$
$L T^{-1}$	$\mathfrak{M}^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}}$	Résistance.....	$L^{-1} T$	$M^{-\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}$ ou $T L^{-1}$	$T L^{-1}$
$\mathfrak{M}^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}$	$\mathfrak{M}$	Quantité de magnétisme, pôle magnétique.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{5}{2}} T^{-2}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{-\frac{1}{2}}$ ou $M L T^{-1}$	$M L T^{-1}$ ou $L^{4} T^{-3}$
$\mathfrak{M}^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$	$\mathfrak{M} L^{-2}$	Intensité du champ magnét.	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{-\frac{5}{2}}$ ou $M L^{-1} T^{-}$	$M L^{-1} T^{-1}$ ou $L^{2} T^{-}$
$\mathfrak{M}^{\frac{1}{2}} L^{\frac{5}{2}} T^{-1}$	$\mathfrak{M} L$	Moment d'un aimant.....	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{7}{2}} T^{-2}$	$M^{\frac{3}{2}} L^{\frac{1}{2}}$ ou $M L^{2} T^{-1}$	$M L^{2} T^{-1}$ ou $L^{5} T^{-3}$
$\mathfrak{M}^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$\mathfrak{M} L^{-1}$	Potentiel magnét. $\Omega = \Sigma \frac{\mu}{r}$	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{4}} T^{-2}$	$M T^{-1}$	$M T^{-1}$
		Puissance d'un feuillet magnétique $\Phi = \frac{M}{L^{2}} = \frac{\mu}{L}$. .			

tenir compte de l'influence du milieu, a les dimensions du carré d'une vitesse; sa valeur relative pour les divers isolants est connue; c'est l'inverse du pouvoir inducteur spécifique de Faraday, ou constante diélectrique χ de ces isolants :

$$k = V^2 = \frac{1}{\chi}$$

D'autre part, la valeur numérique du coefficient V^2 peut être déterminée, si l'on remarque que la décharge d'une quantité donnée d'électricité donne lieu à une action électrodynamique mesurable. En fait, la mesure en question s'effectue dans la comparaison des unités C G S électromagnétiques et électrostatiques, et l'on sait que la valeur expérimentale de V est sensiblement égale à la vitesse de la lumière.

Dans l'attraction newtonienne, nous ignorons jusqu'ici la véritable nature de l'action agissante; mais nous connaissons, vis-à-vis de notre planète, l'agent prépondérant de son action, le Soleil, et nous vivons, du moins pendant le jour, dans un milieu qui propage son action; nous avons en même temps la sensation physique de sa lumière. N'en conclurons-nous pas, à bon droit, que la lumière est la déformation mécanique résultant de l'attraction newtonienne; cela concorderait singulièrement avec notre hypothèse, que cette action dépend du milieu, puisque la lumière se propage précisément avec une vitesse variable à travers les divers milieux, et nous aurions le droit de dire — sans nouvelle hypothèse — que les milieux isolants où se propage l'attraction électrostatique sont le siège d'un mouvement analogue à la lumière.

En optique, chaque milieu est caractérisé par son indice de réfraction n (rapport de la vitesse de propagation dans le vide prise pour unité, à la vitesse V de propagation dans le milieu d'un mouvement de période donnée, mais quelconque).

En électrostatique, la vitesse qui caractérise un milieu diélectrique est

$$k = \frac{1}{V^2} = \frac{1}{\chi}$$

suivant notre hypothèse, on aurait donc :

$$n = \sqrt{\chi}$$

L'indice de réfraction serait égal à la racine carrée de la constante diélectrique.

Cette relation n'est pas nouvelle (il y a des vérifications expérimentales assez satisfaisantes); elle a été énoncée par Maxwell comme une conséquence de la théorie qu'il a donnée de la lumière en la considérant *a priori* comme une perturbation électromagnétique du milieu.

Il se trouve précisément qu'en partant du fait bien connu que les corps électrisés exercent sur les isolants une tension ou pression électrique, et en calculant par les formules de l'électricité le genre de déformation dont ces isolants doivent être le siège, M. Vaschy [1] a récemment publié des équations tout à fait analogues à celles qui servent de point de départ à la théorie de Maxwell.

Nous voyons dans tous ces faits, et dans les résultats fournis plus haut, de fortes raisons de penser que la lumière est une perturbation électrostatique du milieu.

S'il en est réellement ainsi :

Les corps isolants à travers lesquels s'exercent les attractions électrostatiques doivent être le siège de mouvements vibratoires analogues à la lumière;

L'attraction newtonienne peut être envisagée comme un cas particulier des attractions électrostatiques;

Enfin, l'application mécanique des phénomènes découverts par Faraday, Becquerel et Kerr, apportera quelque jour des documents nouveaux à la théorie électrostatique de la lumière, que Maxwell a édifiée mathématiquement sous un autre nom, une justification de plus *au système absolu* des unités électrostatiques astronomiques.

ÉMILE RAVEROT

SUR LA DÉFINITION DES COEFFICIENTS D'INDUCTION

La Rédaction nous communique la lettre suivante :

Parc de Neuilly, 19 décembre 1886

Monsieur le secrétaire de la Rédaction

« M. Ledeboer a publié dernièrement dans « *La Lumière Électrique* » (numéro du 11 dé-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 13 décembre 1886.

« cembre 1886), un article *sur la détermination* « *du coefficient d'induction mutuelle*, qui impose « une critique sérieuse, les erreurs commises par « l'auteur étant absolument fondamentales.

« Considérons, en effet, l'équation différentielle

$$I R - i_0 g - i_1 l = - \frac{d M J}{d t}$$

« donnée par M. Ledeboer au bas de la page 482.

« 1° Cette équation est incomplète, parce que « l'auteur a supposé nulle une quantité qui ne « l'est pas, c'est la force électromotrice de self- « induction $L \frac{dI}{dt}$ du circuit induit ; il devrait « cependant savoir qu'il n'est permis de négliger « ce terme, que lorsque la force électromotrice « en question est équilibrée à chaque instant par « une force égale, ce qui n'est pas le cas dans la « méthode qu'il expose.

« 2° La force électromotrice d'induction mu- « tuelle n'est pas

$$\frac{d M J}{d t}$$

« mais

$$M \frac{d J}{d t}$$

« ce qui n'est pas la même chose, dans le cas où « M est fonction de J.

« L'équation différentielle complète, exacte, est « donc :

$$I R - i_0 g - i_1 l = - M \frac{d J}{d t} - L \frac{d I}{d t}$$

« équation qui reste, d'ailleurs, toujours vraie, « que M et L soient constants ou variables.

« Je m'explique maintenant sur la dernière ob- « jection, en prenant dans la mécanique un « exemple bien connu, celui d'un corps se déplaçant dans l'espace d'un mouvement varié. Il ne « viendra à l'esprit de personne de dire que l'es- « pace e parcouru dans le temps t par ce mobile « est vt. Tout le monde, au contraire, s'accor- « dera pour dire que l'espace parcouru par le « corps est égal à $\int_0^I v\,dt$ valeur qui ne s'iden- « tifie avec la précédente que dans le cas tout « particulier où la vitesse v du mobile est con- « stante.

« M. Ledeboer qui, depuis longtemps j'en suis « sur, est d'accord avec tout le monde sur ce « sujet, n'est donc pas conséquent avec lui- « même, quand il définit les forces électromo- « trices d'induction mutuelle e_m et de self-induc- « tion e_s par les expressions

$$e_m = \frac{d M J}{d t} \qquad e_s = \frac{d L I}{d t}$$

« La raison de ce choix dans le cas qui nous « occupe est facile à saisir et bien des lecteurs, « sans aller plus loin, l'ont déjà entrevue. Cepen- « dant elle est assez curieuse pour qu'on la cite « en passant.

« Considérons l'équation finale, et *incomplète* « d'ailleurs, à laquelle arrive l'auteur.

$$\int_0^J d M J = \left[R + l + g\left(1 + \frac{l}{l'}\right)\right] \int_0 i_0\, d t$$

« M. Ledeboer s'est fait le petit raisonnement « suivant : en adoptant cette définition, le pro- « blème est grandement simplifié.

« En effet, j'arrive à une équation finale dans « laquelle $\int$ et d sont deux signes qui se super- « posent et qui, par conséquent, se détruisent ; « donc

$$\int_0^J d M J = M J \text{ (1)}$$

« Et voilà ! l'équation différentielle est intégrée « et le problème résolu pour ceux qui ne savent « pas ; mais pour ceux qui savent ? Les uns ne « disent rien et laissent passer, les autres protes- « tent, et je suis du nombre.

« M. Ledeboer s'étonne de ce que la détermi- « nation des coefficients d'induction mutuelle et « de self-induction, dans le cas où ces coefficients « sont variables, n'ait pas été jusqu'ici l'objet des « recherches des savants et dit qu'il n'a pas trouvé « dans le traité de Maxwell un seul mode de me- « sure dans lequel les coefficients en question « fussent des quantités variables.

(1) Voir p. 482, 2e colonne

« La raison d'un pareil état de choses est cependant bien simple ; c'est que cette détermination « est un des problèmes les plus difficiles de la « physique électrique et que Maxwell, qui n'a « jamais fait que des calculs sur ce sujet, n'a pu « examiner par conséquent que les cas où l'intégration des équations différentielles est immédiate, c'est-à-dire les cas où M et L sont des « quantités constantes.

« Veuillez agréer, Monsieur le secrétaire, l'assurance de ma considération distinguée.

R. Arnoux »

Disons tout d'abord que l'article visé ne contient aucune erreur ni fondamentale, ni autre.

1° L'équation est incomplète, d'après M. Arnoux ; on n'a pas tenu compte d'un terme de la forme $L\frac{dI}{dt}$. M. Arnoux aura dû ajouter un terme de la forme $G\frac{di_0}{dt}$ provenant de la self-induction du cadre du galvanomètre, seulement, comme ces termes disparaissent à l'intégration, nous ne les avons pas introduits dans l'équation différentielle. Nous disons que ces termes disparaissant ; considérons en effet le terme $L\frac{dI}{dt}$; ce terme est relatif à la variation de l'intensité de courant dans le circuit induit et, comme cette intensité est la même avant et après l'expérience, il est superflu d'en tenir compte.

La deuxième objection est relative à la définition des coefficients d'induction et comme nous sommes le premier, croyons-nous, à avoir signalé les différentes manières de définir les coefficients d'induction nous ne pouvons mieux faire que de réimprimer ce que nous avons dit à ce sujet [1].

« Les auteurs qui, les premiers, se sont occupés « de l'induction d'une bobine sur elle-même ont « constamment envisagé le cas où la bobine ne « renferme pas de fer. Dans ces conditions, le « coefficient de self-induction ou le potentiel de « la bobine sur elle-même est une quantité constante qui ne dépend pas des données géométriques de la bobine.

« La force électromotrice dûe à la self-induction est, dans ces conditions,

$$e = L\frac{dI}{dt}$$

« On peut donc définir le coefficient de self-induction comme étant le facteur, qui multiplié « par $\frac{dI}{dt}$ donne la force électromotrice.

« Dans le cas d'une bobine renfermant un « noyau de fer doux, le coefficient de self-induction est une quantité variable et on peut définir « ce coefficient d'après l'une des deux équations « suivantes :

$$e = \frac{dLI}{dt}\,(1) \qquad \text{ou} \qquad e = L\frac{dI}{dt}\,(2)$$

« La première de ces équations correspond à « celle adoptée le plus souvent par les physiciens, et il est à remarquer qu'on déduit, dans « ce cas, le coefficient de self-induction de la « quantité d'électricité q fournie par l'extra-courant, par la même formule que si le coefficient « L était constant.

« On a, en effet, si i_0 représente l'intensité de « courant qui passe par le galvanomètre au « temps t

$$e = L\frac{dI}{dt} = k\,i_0 \quad \text{si} \quad L \text{ constant}$$

« et

$$e = \frac{dLI}{dt} = k\,i_0 \quad \text{si} \quad L \text{ variable}$$

« on a ainsi

$$\int_0^I L\,dI = LI = k\int i_0\,dt = kq \quad \text{si} \quad L \text{ constant}$$

« et

$$\int_0^I dLI = LI = k\int i_0\,dt = kq \quad \text{si} \quad L \text{ variable}$$

(1) *Sur la détermination du coefficient de self-induction.* Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris, signée 8 juin et soutenue le 27 juillet 1886, p. 101.

(1) Voir Mascart et Joubert, *Leçons d'Électricité*, t. I, p. 567.

(2) Hospitalier, *l'Électricien*, t. VIII, p. 258, 1884.

« On voit donc qu'on trouve dans les deux cas :

$$L = k\frac{q}{I}$$

« C'est d'après cette définition que nous avons « déterminé les valeurs du coefficient de self- « induction dans le travail précédent.

« Il est à remarquer que, d'après cette défini-

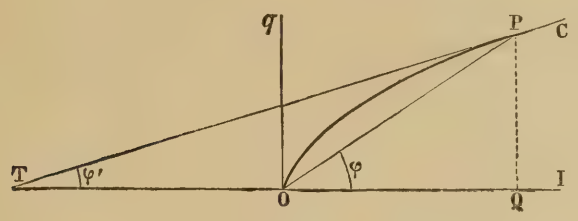


Fig. 1.

« tion, une construction très simple permet de « trouver à volonté, soit le coefficient de la self- « induction, soit le facteur proportionnel à la « force électromotrice, en partant de la courbe « qui représente l'extra-courant en fonction de « l'intensité.

« Soit O C (fig. 1), cette courbe ; on a, comme « nous venons de le voir :

$$L = k\frac{q}{I}$$

« La tangente de l'angle P O Q $= \varphi$ est donc « proportionnelle au coefficient de self-induc- « tion, et c'est d'après ce principe que nos courbes « ont été construites.

« Pour trouver le facteur qui, multiplié par $\frac{dI}{dt}$, « donne la force électromotrice, il suffit de con- « sidérer la tangente au point P.

« On a, en effet,

$$tg\,PTQ = tg\,\varphi' = k\frac{dq}{dI}$$

« car on a

$$e = \frac{dLI}{dt} = \left(L + I\frac{dL}{dI}\right)\frac{dI}{dt}$$

« et

$$LI = kq$$

« d'où

$$L + I\frac{dL}{dI} = k\frac{dq}{dI}$$

« Dans notre cas, L décroît avec I, et les deux « courbes, qui au début étaient identiques, se « séparent de telle façon que celle qui représente « les valeurs de L reste au-dessus de l'autre. »

Nous pouvons ajouter la construction suivante très simple, pour déduire le coefficient L' défini d'après la formule

$$e = L'\frac{dI}{dt}$$

de celle que nous adoptons et qui est définie d'après la formule

$$e = \frac{dLI}{dt}$$

et qu'on calcule d'après la formule

$$L = k\frac{q}{I}$$

q étant la quantité d'électricité fournie par xtra-courant de rupture et k un coefficient dont la valeur est connue.

Dans le cas du pont de Wheatstone, on a

$$k = R + l + g\left(\frac{R}{R'} + 1\right)$$

Soit A B (fig. 2), une portion de la courbe

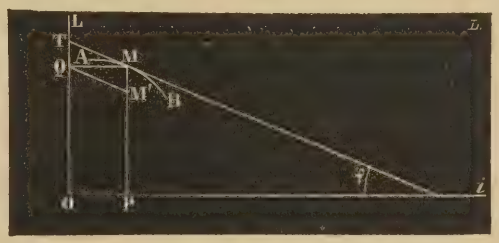


Fig. 2.

obtenue, en prenant I pour abscisses et L pour ordonnées, c'est-à-dire qu'on a

$$MP = L \quad \text{et} \quad OP = I$$

On voit facilement qu'on a alors

$$M'P = L'$$

le point M′ étant obtenu en menant la tangente au point M et en menant au point Q une parallèle à cette tangente. On a, en effet,

$$L' = k \frac{d\,q}{d\,I}$$

et

$$L = k \frac{q}{I}$$

ou

$$L\,I = k\,q$$

d'où

$$L + I \frac{d\,L}{d\,I} = k \frac{d\,q}{d\,I} = L'$$

et comme $\frac{d\,L}{d\,I} = \text{tang}\ \varphi$, on a $I \frac{d\,L}{d\,I} = I\ \text{tang}\ \varphi = T\,Q = M\,M'$ et $L' = M\,P - M\,M' = M'\,P$.

On peut donc facilement trouver le coefficient L′, lorsque le coefficient L est connu.

On voit que cette question ne donne lieu à aucune ambiguité.

Je ne veux pas terminer cette note sans remercier M. Arnoux de l'intérêt avec lequel il suit mes articles, tout en souhaitant qu'à l'avenir il apporte moins de précipitation dans ses critiques.

P.-H. Ledeboer

THÉORIE GRAPHIQUE

DES

DYNAMOS A COURANTS CONTINUS (1)

Les constructions que nous venons de développer nous donnent donc le moyen d'obtenir une différence de potentiels constante aux balais.

Mais il arrivera fréquemment que ce n'est pas aux balais, mais en deux points quelconques du circuit que l'on veut obtenir le résultat cherché.

Ces points pourront être, soit les bornes extérieures de la machines, soit plus loin encore, les bornes de l'appareil récepteur et transformateur de l'énergie électrique.

La construction reste exactement la même ; seulement il faut connaître, ou bien se fixer, *a priori*, la résistance qui sépare les balais des points en question.

On augmentera alors les ordonnées de la courbe OR, de celle d'une droite qui représenterait les volts absorbés dans la résistance intercalée entre les balais et les points où l'on veut maintenir la constance des potentiels.

Il n'y a qu'à répéter ici ce qu'on a fait pour construire la différence de popentiels en deux points quelconques du circuit, comme nous l'avons expliqué précédemment.

Machines a courant constant. — Il peut encore se présenter que l'on veuille calculer une machine destinée à donner un courant constant, et que l'on veuille chercher à obtenir automatiquement cette constance du courant, à l'aide d'une double excitation.

Il est tout d'abord évident qu'une excitation par le courant principal serait insuffisante puisque, le courant étant constant par hypothèse, l'excitation le serait aussi. Il n'y aurait donc aucun réglage, et l'emploi de ce mode d'excitation ferait simplement travailler la machine dans une région plus élevée de la courbe des champs magnétiques que si l'on s'en passait.

Reste donc l'excitation en dérivation.

Remarquons d'abord que pour que le courant se maintienne constant, il faut qu'il y ait variation proportionnelle entre E et R. D'autre part, la résistance dans la dérivation d'excitation étant fixe et égale à *r*, il doit y avoir aussi proportionnalité entre E et *i* courant d'excitation.

Ces deux remarques suffisent pour donner la solution du problème.

Supposons que K M (fig. 29) représente la courbe de la force électromotrice à une certaine vitesse en fonction du courant excitateur. Le point K est celui qui fixe les volts dus au magnétisme rémanent de la machine.

Supposons aussi que OK soient précisément les volts absorbés dans l'armature pour une certaine intensité I. Le tracé qui donnerait la force électromotrice qui correspondrait à ce débit I consisterait alors a tracer par K une parallèle à OM, droite qui représente la résistance du circuit inducteur.

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 1er et 8 janvier 1887.

Mais si la branche inférieure de la courbe est parallèle à OM, la droite en question se confond avec la courbe sur une certaine longueur. La force électromotrice est donc indéterminée, et ne

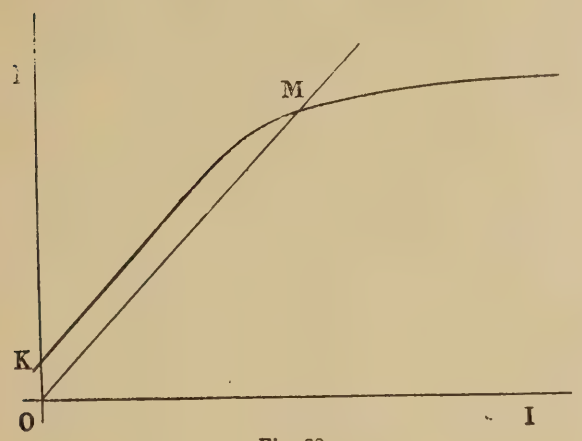


Fig. 29

dépend que des résistances extérieures à la machine.

Dans l'épure des forces électromotrices en fonction du courant extérieur, la force électromotrice

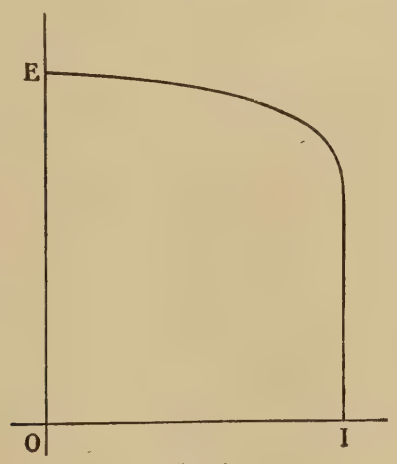


Fig. 30

serait représentée par une partie verticale au point I (fig. 30).

Pour cette portion, il y a bien proportionnalité entre E et *i* d'après la première figure, et entre E et R d'après la seconde.

On voit donc par la qu'une machine simplement excitée en dérivation peut être parfaitement auto-régulatrice pour courant constant. Il suffit de s'imposer la vitesse et on peut alors choisir la section de fil qui correspond à l'auto-régulation,

Toutefois il faut remarquer que ce procédé fixe le courant qui s'établira, par cette condition que les volts absorbés à l'intérieur pour ce courant, soient égaux à ceux que produit le magnétisme rémanent. On ne serait donc pas maître de ce courant.

Mais il est facile de voir que pour le devenir, il suffirait de pouvoir fixer à volonté la valeur du magnétisme rémanent, ou d'employer un procédé équivalent.

Or cela est facile, puisque nous avons vu qu'une excitation extérieure constante équivaut à une augmentation de magnétisme rémanent. Dans les

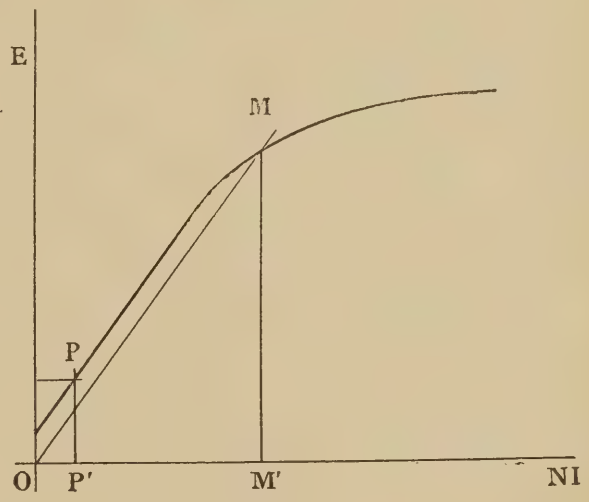


Fig. 31

cas qui nous occupe, il n'est même pas nécessaire de recourir à une excitation extérieure constante. Le courant étant constant lui-même, il suffira de lui faire faire un petit nombre de tours sur les électros excitateurs, et on aura résolu le problème.

La détermination du bobinage d'une machine auto-régulatrice à courant constant, est donc très facile par les procédés graphiques.

On détermine d'abord la courbe des forces électromotrices à l'allure choisie (fig. 31) puis la valeur des volts absorbés dans l'armature pour l'intensité choisie.

En reportant cette valeur sur l'axe des ordonnées de la première courbe et traçant une horizontale, elle coupe en P la courbe.

Alors O P' représente les ampères-tours à pro-

duire à l'aide du gros fil. Traçant par O la parallèle OM à la branche inférieure de la courbe, on obtient le point d'intersection M, et OM′ représente la section à donner au fil de la dérivation. Le problème est ainsi complètement résolu.

Remarquons toutefois que le point M est la limite d'auto-régulation de la machine.

Au-delà, elle se comporte comme une dynamo en dérivation.

Ce point M est généralement peu élevé sur la courbe en d'autres termes la propriété d'auto-régulation est limitée à une valeur assez faible du champ magnétique.

Une machine de ce genre sera donc forcément

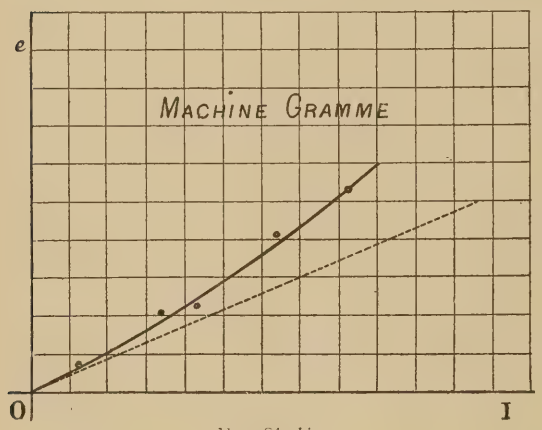


Fig. 31 *bis*.

Ordonnées : 1 division = 5 volts
Abscisses : 1 — = 5 ampères.

assez mal utilisée spécifiquement et l'énergie électrique maxima qu'elle pourrait développer en auto-régulation sera bien inférieure à celle qu'elle développerait comme machine sans régulation.

Il existe des machines auto-régulatrices, dont la machine Thomson-Houston est le plus remarquable exemplaire, et qni sont excitées en série. Mais l'auto-régulation est obtenue par des procédés mixtes, produisant la régulation, partie par le jeu d'organes extérieurs à la machine, partie en profitant des propriétés de celle-ci.

Mais ces types ne sont pas à proprement parler des machines à courants continus et sont, plus exactement, des machines à courants redressés, fortement ondulatoires, et dans lesquelles les réactions intérieures sont d'une nature encore bien plus compliquée.

Aussi ne nous y arrêtons-nous pas dans cette étude, qui est strictement bornée aux courant continus.

DYNAMOS RÉCEPTRICES

Tout ce qui précède se rapportait à l'emploi des machines dynamos comme génératrices de courant.

Examinons maintenant le cas des machines réceptrices.

Les courbes fondamentales sont les mêmes que précédemment : champs magnétiques et résistances intérieures apparentes.

La courbe des champs est identiquement la

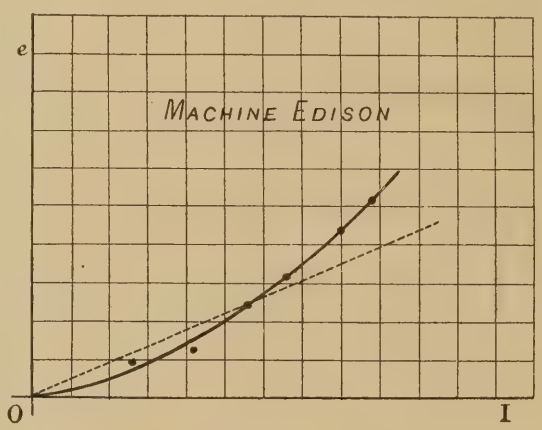


Fig. 31 *ter*.

Ordonnées : 1 division = 1 volts.
Abscisses : 1 — = 10 ampères.

même que pour la machine considérée comme génératrice.

La courbe des résistances intérieures est tout à fait différente. Elle indique des résistances apparentes bien moins élevées que pour la génératrice, et quelquefois même inférieures à la valeur statique.

Ces résultats pouvaient être prévus, et n'ont rien qui doivent surprendre étant admise la définition que nous avons donnée de la résistance intérieure apparente.

On obtiendra cette courbe des résistances et sa courbe intégrale de la même manière que lorsque la machine était génératrice, mais en la commandant, à la vitesse choisie, par une autre machine convenable.

Les figure 31 *bis* et 31 *ter* représentent les courbes des volts absorbées pour les mêmes ma-

chines que précédemment. La ligne pointillée indique la valeur statique.

Cela posé, il faut tracer toutes les courbes relatives au fonctionnement de manière à connaître les force contre-électromotrices, courants et vi-

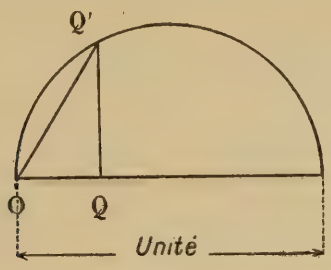


Fig. 32

tesses de rotation correspondant à des puissances données.

Supposons d'abord que le moteur est relié à une canalisation sur laquelle le potentiel est maintenu constant.

Machine magnéto

Construisons la courbe des forces contre-électromotrices e en fonction des puissances W.

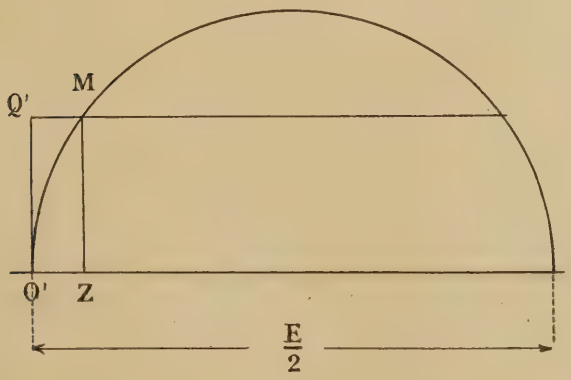


Fig. 33

On a en général

$$W = e\,I = \frac{e\,(E - e)}{R}$$

en appelant E la différence de potentiels de la ligne.

De là :

$$e^2 - E\,e + R\,W = O$$

Cette équation serait celle d'une parabole facile à tracer si R était constant.

Comme la valeur de cette quantité est variable, et en réalité fonction de e, nous sommes obligés d'opérer par approximation.

On commencera par la plus faible puissance soit W_1 et on prendra comme première approximation de la résistance la valeur statique, soit R_1. On effectuera la multiplication ; puis sur une demi-circonférence de diamètre égal à l'unité (fig. 32), on portera $O\,Q = R_1\,W_1$.

Elevant Q Q' on obtiendra O Q' et on a évidemment

$$O\,Q' = \sqrt{R_1\,W_1}$$

Ensuite (fig. 33) sur une circonférence de dia-

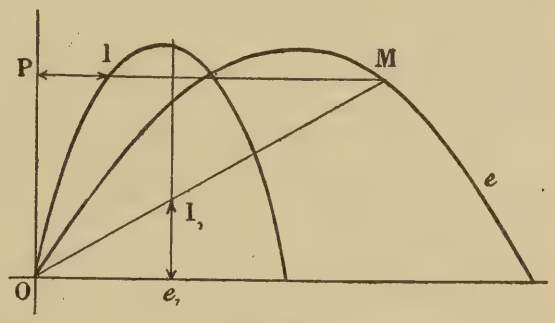


Fig. 34.

mètre égal à $\frac{E}{2}$ on portera $O_1\,Q' = Q'$. On trace Q' M et on abaisse M Z.

Alors $O_1\,Z$ et Z O sont les deux forces contre-électromotrices de première approximation [1].

On en tire les courants I_1 et I_2. On peut alors recommencer la construction en prenant pour valeurs de R les deux valeurs correspondrnt à ces courants.

Les deux valeurs de la force contre-électromotrice obtenues en deuxième approximation sont suffisantes.

Pour une valeur voisine W_2, on prendra comme résistances de première approximation les deux valeurs obtenues comme deuxième approximation lors de la détermination du point précédent.

(1) Cette solution graphique de l'équation du second degré nous a été indiquée par M. Charles Reignier. Nous la croyons inédite.

On obtient ainsi ainsi aisément la parabole déformée qui représente les forces électromotrice en fonction des puissances.

La *courbe des intensités* est facile à tracer. Chaque point de la courbe précédente ayant pour ordonnée e et pour abscisse $W = e\,I$, l'intensité est égale au rapport $\frac{W}{e}$ des coordonnées (fig. 34).

On prendra donc $Oe_1 = 1$ volt et en traçant oM on obtient l, que l'on reporte en I. Répétant cette construction pour tous les points, on obtient la courbe figurative des intensités. Ainsi obtenue, elle donne I en fonction de W.

Si l'on avait reporté I_1 horizontalement sur l'ordonnée du point M on aurait, au contraire, obtenu I en fonction de e.

Les deux constructions sont également faciles ; mais la première est généralement plus claire. C'est celle que représente la figure 34. Une même abscisse donne les deux intensités possibles pour la puissance considérée.

On se souviendra toutefois que les grandes intensités correspondent aux faibles forces électromotrice et inversement. En somme les régions utiles sont: pour la courbe des volts la région éloignée de l'origine pour celle des ampères, la région rapprochée.

La courbe des vitesses est ensuite facile à obtenir. Dans le cas qui nous occupe, la machine étant magnéto-électrique, la vitesse est proportionnelle à la force électromotrice. La courbe représentative est donc la même que celle des volts, sauf changement d'échelle.

Ceci n'est pas vrai en toute rigueur, à cause du champ propre de l'anneau qui s'ajoute à celui des aimants excitateurs.

Le champ des aimants étant faible, il y a lieu de s'attendre à trouver des écarts assez importants sur les vitesses ainsi déterminées. Les écarts seraient beaucoup moindres avec une dynamo à excitation séparée, et à champ puissant. Ils seront moindres encore si l'induit est muni d'un enroulement à tambour que s'il est muni d'un enrou- à anneau.

En somme, pour des machines dynamo, l'approximation ainsi obtenue est pratiquement très suffisante.

Enfin la courbe des *efforts statiques* se confond aussi, à l'échelle près, avec celle des intensités.

On a en effet :

$$W = e\,I$$

et comme nous l'avons vu :

$$e = M\,L\,V$$

d'où

$$W = M\,L\,V\,I$$

L'effort

$$F = \frac{W}{V} = M\,L\,I$$

Or M et L étant constants, l'effort serait dans le cas qui nous occupe proportionnel au courant I, ce qui justifie l'énoncé ci-dessus, mais pour une machine magnéto-électrique seulement,

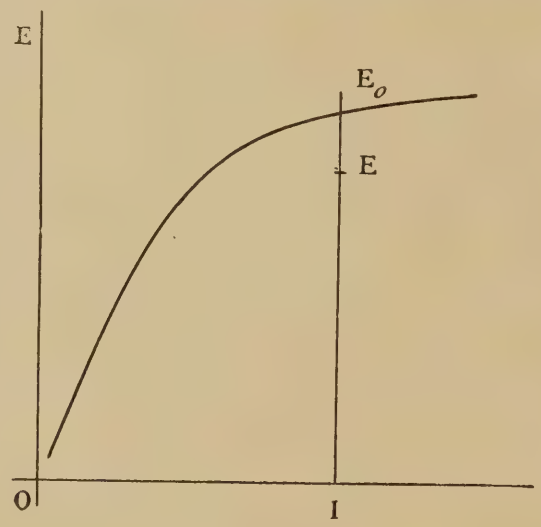


Fig. 35

et comme approximation assez grossière, à cause du champ variable de l'induit. On est donc ainsi en possession de tous les éléments de fonctionnement du moteur magnéto-électrique : Volts, ampères, vitssse et effort, en fonction de la puissance, réunis sur une même épure.

Machines dynamo-électriques. — Si le moteur est dynamo à excitation extérieure, les tracés sont exactement les mêmes que dans le cas précédent, sans aucune modification.

Si l'excitation est produite par dérivation il en sera encore exactement de même. En effet, d'après l'hypothèse d'une source à potentiel constant, la différence de potentiels aux balais du moteur serait aussi constante. La constance du courant excitateur et du champ magnétique en sont donc des conséquences forcées.

Il n'en est plus de même si l'excitation est faite par le courant principal. Celui-ci étant variable, le champ l'est aussi, et l'on ne peut plus effectuer les tracés comme précédemment.

Les courbes $e = f(W)$ et $I = f(W)$ se tracent de même :

La *courbe des vitesses* s'obtient ainsi. Sur la courbe des forces électromotrices en fonction de l'excitation, dont l'axe des abscisses aura été divisé en ampères, et qui aura été obtenue pour une vitesse V_0 connue, on prendra (fig. 35) O I représentant le courant pour lequel on veut obtenir la vitesse. Elevant $I E_0$, on obtiendrait ainsi la valeur de la force électromotrice à la vitesse V_0 : Mais l'épure des forces électromotrices montre que celle qui correspond à I est égale à I E. En vertu de l'égalité d'excitation, on a alors

$$\frac{V}{V_0} = \frac{IE}{IE_0}$$

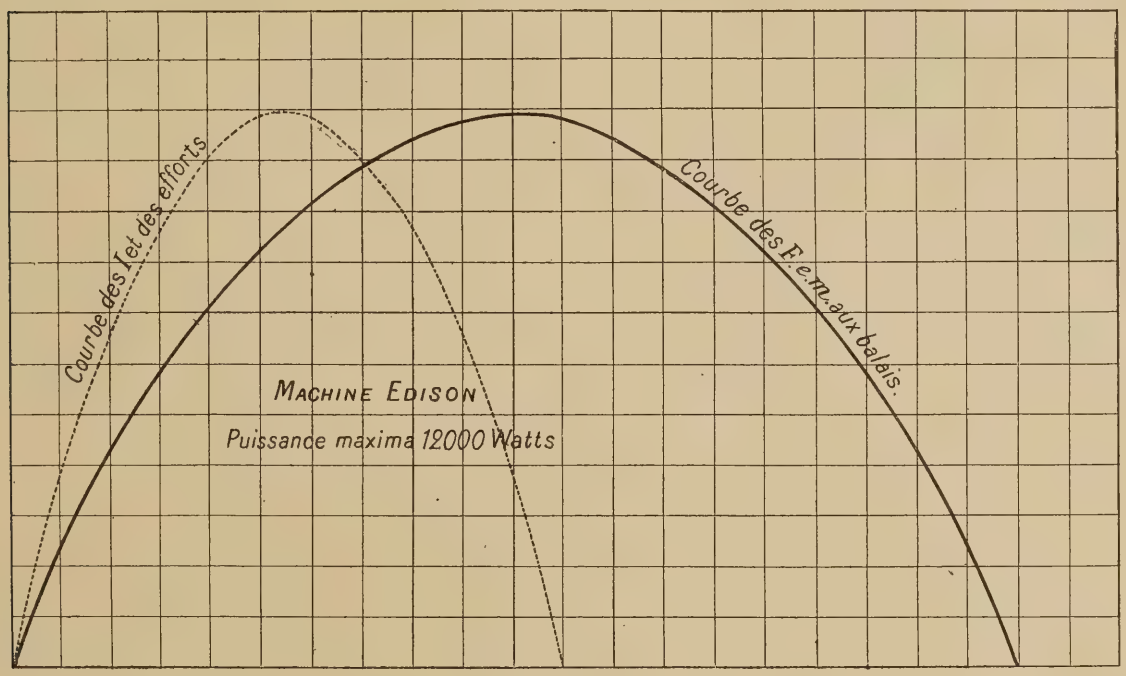


Fig. 36.

Ordonnées : 1 division = 5000 Watts.
Abscisses : 1 division = 6 volts = 165 ampères.
= 21 k. 636.

On en tire donc V correspondant à un effort W connu, et on peut ainsi construire la courbe des vitesses.

Elle diffère d'une manière très notable de celle de la même machine excitée en dérivation.

Il en est de même de la *courbe des efforts.*

En nous reportant aux équations précédentes, nous trouvons :

$$t = \frac{W}{V} = M L I$$

Le champ M n'est plus constant, et l'effort est alors proportionnel au produit M I. Si l'on cherche cet effort pour un courant donné I, on doit alors prendre ce point I sur la courbe (fig. 35).

Alors $I E_0$ représente à une certaine échelle la valeur du champ magnétique M, et le produit M I est proportionnel au produit des lignes O I et $I E_0$. En d'autres termes, il est égal pour chaque point à l'ordonnée de la courbe intégrale de celle du champ magnétique en fonction du courant.

La multiplication graphique de ces lignes est toujours facile à effectuer. On prendra de préférence une longueur unité telle que ces efforts

soient tracés directement à une échelle simple, 10 millimètres par kilogramme par exemple. On reportera enfin les points obtenus sur l'épure, qui se trouvera ainsi complétée.

La fig. 36 représente l'épure pour une réceptrice excitée en dérivation.

Le mode de représentation généralement adopté jusqu'ici diffère du précédent en ce qu'on prend généralement pour coordonnées les volts et les ampères. Les puissances sont alors figurées par les hyperboles, ainsi qu'on l'a vu plus haut. Nous avons préféré le précédent qui nous paraît plus logique ; car en matière de moteurs, la puissance est le premier élément donné. C'est donc celui qui doit servir de point de départ à la détermination des autres. C'est aussi le procédé qui réduit les tracés au minimum, et enfin, qui permet de déterminer exactement les éléments relatifs à une puissance donnée, sans être obligé de recourir à une interpolation de branches d'hyperboles.

Les tracés qui précèdent ont été établis avec cette hypothèse, que la différence de potentiels était constante aux bornes de la réceptrice.

Il faut examiner maintenant le moteur fonctionnant à l'extrémité d'une ligne dans laquelle a lieu une perte. Nous supposerons alors que la génératrice donne un potentiel constant à ses bornes.

D'une manière générale, il faudra dans la détermination de e en fonction de W, tenir compte de la résistance de la ligne. La signification de R est donc modifiée en conséquence.

Pour le moteur *magnéto-électrique*, cette modification est la seule qui soit à faire.

Si la machine est *excitée en dérivation*, il y aura une autre modification. La différence de potentiels n'étant plus constante aux balais, le champ ne l'est plus ; et la vitesse devra être déterminée sur l'épure $E = f(I)$, comme nous l'avons fait précédemment pour la machine excitée en série. Enfin, l'effort dans ce cas sera proportionnel non plus à l'intensité, mais bien au produit du champ par l'intensité principale : on devra encore le déterminer comme on l'a fait précédemment pour la machine excitée en série.

Enfin, pour ce dernier type de moteurs *excités en série*, tout ce qui a été dit précédemment subsiste, et les tracés sont les mêmes, modifiés seulement par la nouvelle signification de R.

Toutes les conditions de fonctionnement d'un moteur étant ainsi déterminées, nous devons maintenant nous occuper de leur régulation.

RÉGULATION DES MOTEURS

Le premier problème qui se pose est celui-ci : Étant donnée une *machine à excitation indépendante*, comment doit-on faire varier son champ magnétique pour que sa vitesse reste constante ?

Il faut, pour cela, avoir d'abord tracé, comme ci-dessus, e en fonction de W. Il faut, de plus, avoir la courbe des forces électromotrices de la

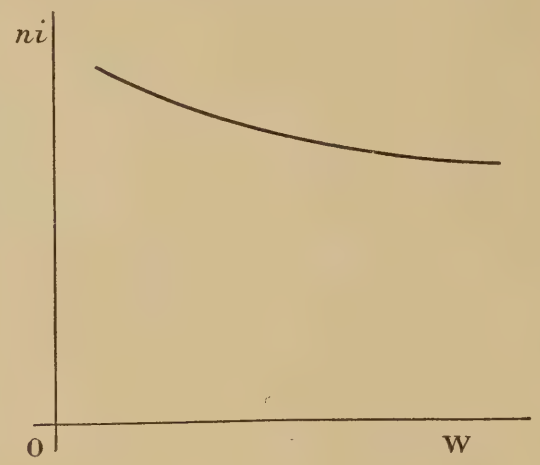


Fig. 37

machine, à la vitesse choisie, en fonction des ampères-tours de l'excitation.

On a toujours

$$W = \frac{e(E - e)}{R}$$

Des deux valeurs de e déduites de cette formule, une seule est pratiquement utilisable.

On relèvera donc, sur la première épure, les valeurs e_1, e_2, e_3, correspondant aux puissances W_1, W_2, W_3. Sur la seconde, on relèvera les ampères-tours $n_1 i_1$, $n_2 i_2$, $n_3 i_3$, correspondant aux mêmes forces contre-électromotrices e_1, e_2, e_3. — On peut alors aisément tracer une troisième épure (fig. 37) qui donnera $ni = f(W)$.

C'est la loi du décroissement du champ nécessaire au maintien de la vitesse constante.

On peut alors obtenir ce résultat par les mêmes modes de modification que ceux exposés à propos

des dynamos, c'est-à-dire soit par insertion de résistances additionnelles, soit par inversion du courant dans un certain nombre de spires.

Enfin, cette manœuvre peut s'obtenir soit à la main, soit par l'action d'un régulateur de vitesse combiné d'une manière convenable.

Pour une *machine excitée en dérivation*, on opérera les tracés de la même manière. Ayant obtenu $ni = f(W)$, c'est-à-dire les ampères-tours nécessaires à la constance de la vitesse, on devra tracer sur la même épure la courbe des ampères-tours d'excitation qui existeraient s'il n'y avait pas de réglage. Dans le cas où la machine est alimentée par une distribution à potentiel constant, les ampères-tours le sont aussi, et la courbe est une droite (fig. 38).

Alors, pour une valeur donnée de W égale

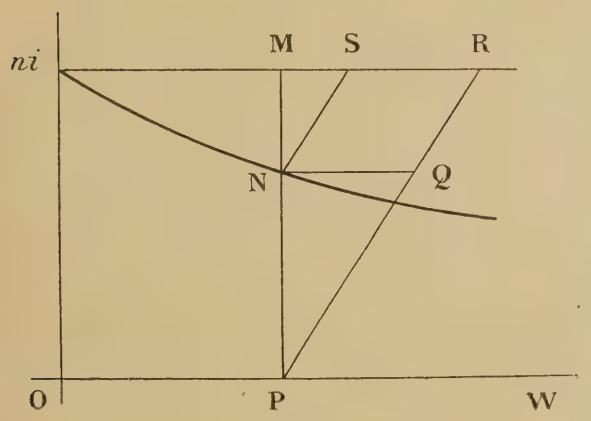


Fig. 38

à OP, la ligne PM représente les ampères-tours avant réglage et PN les ampères-tours après réglage. La différence MN est donc la diminution nécessaire.

Généralement, on opérera par diminution du courant le nombre de tours restant constant. Les ordonnées peuvent alors être divisées en ampères, et les lignes MP_1, NP_1 représenteront des courants.

Il est alors facile d'obtenir sur l'épure la courbe des résistances additionnelles à introduire dans le circuit d'excitation.

Menant par N une horizontale et prenant NQ égale à la résistance r du fil enroulé; joignant PQ et prolongeant jusqu'en R, on a

$$\frac{PN}{PM} = \frac{NQ}{MR}$$

ou

$$\frac{i'}{i} = \frac{r}{r + r'}$$

ou encore

$$(r + r')\, i' = r\, i$$

ce qui exprime la constance du potentiel aux balais, avant et après réglage.

RS est donc égal à r' résistance additionnelle à insérer dans le courant d'excitation, et cette longueur peut être reportée sur l'ordonnée correspondante, de telle sorte que la réunion de tous

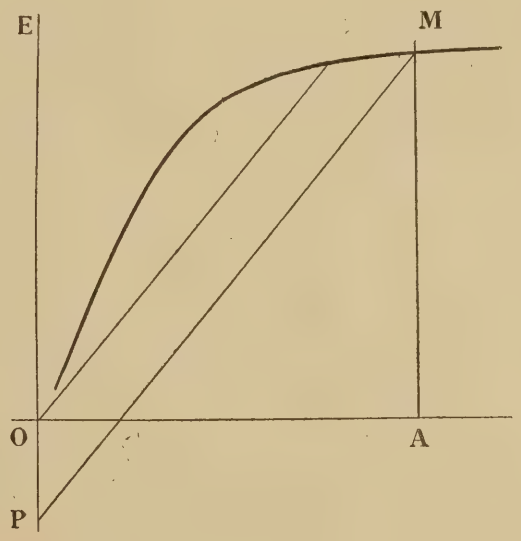


Fig. 39.

les points analogues constitue la courbe des résistances additionnelles nécessaires au maintien de la vitesse.

Si le moteur, au lieu d'être alimenté par une canalisation à potentiel constant, était à l'extrémité d'une ligne, la différenee de potentiels aux bornes devenant variable, les ampères-tours, avant réglage, le seraient aussi.

Mais, possédant e et V en fonction de W, il serait très facile d'obtenir la courbe qui remplacerait la droite MSR du tracé précédent.

Pour une valeur donnée de W, on connaît, à vitesse variable, les valeurs de e et de I, et, par conséquent, de RI.

Sur la courbe des forces électromotrices de la machine à la vitesse constante choisie (fig. 39), portons au-dessous de l'origine OP = RI, et me-

nons PM parallèlement à la ligne qui définit le bobinage : nous obtenons en MA la force électromotrice correspondante à la valeur choisie de I et en OA les ampères-tours correspondants.

On répète cette construction pour toutes les valeurs pratiques de *e* et de I, et, par suite, de W.

Rien ne sera donc plus facile que d'obtenir *ni* en fonction de W à vitesse constante.

Le dernier cas à examiner serait celui d'une *machine excitée en série*. Mais, ici, on ne peut plus faire aucun réglage.

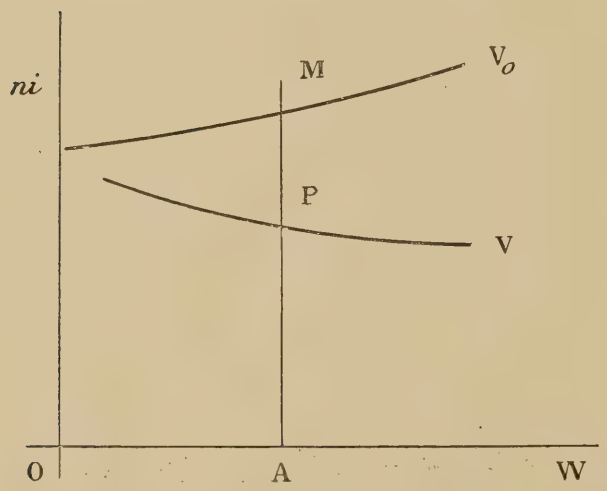
On n'a plus aucun moyen d'agir sur le champ magnétique, qui est déterminé par le courant principal seulement, et auquel on ne peut pas donner de valeurs variables, indépendantes de la puissance.

Ce genre de machine, de même que la machine *magnéto-électrique*, ne se prête donc aucunement à la réalisation de moteur à vitesse constante.

Régulation par double enroulement. — On peut encore ici se proposer de maintenir la vitesse constante à l'aide d'un double enroulement en série et dérivation.

Il est d'abord facile de voir que l'enroulement doit être différentiel.

Lorsque la puissance augmente, le courant principal I augmente, *e* diminue ainsi que la vitesse.



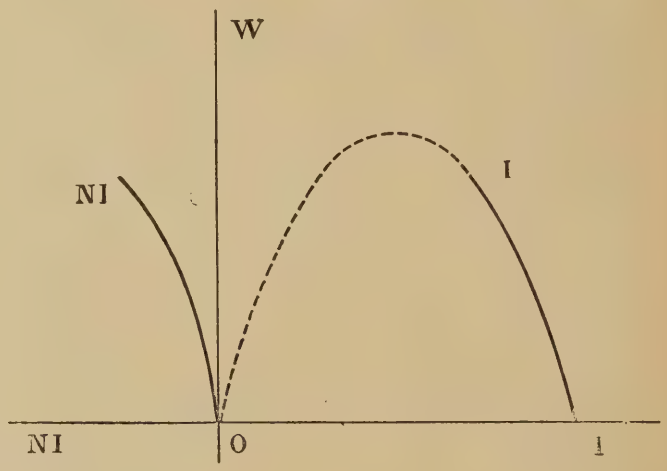


Fig. 40 et 41.

Pour reporter celle-ci à sa valeur de régime, il faut diminuer le champ.

Les ampères-tours de dérivation diminuent bien, puisque *e* diminue ; mais cette diminution est insuffisante, puisque la vitesse diminue aussi, comme nous l'avons vu plus haut.

Par suite, l'augmentation du courant principal doit produire des ampères-tours négatifs. Cela ne peut s'obtenir que par l'enroulement différentiel.

Il faut d'abord évaluer ces ampères-tours négatifs.

Pour cela, on ne considérera la machine que comme bobinée en fil fin ; puis, on déterminera comme ci-dessus, la courbe des ampères-tours nécessaires à la constance de la vitesse et la courbe des ampères-tours dus au fil fin seul.

On opérera donc comme il suit : On tracera d'abord l'épure générale du moteur, donnant *e*, I et V en fonction de W.

De $e = f(W)$ on tirera aisément

$$n\,i = f(W)$$

à la vitesse V qui correspond à chaque valeur de W.

Il faut maintenant avoir la même courbe $n'\,i' = f(W)$ pour une vitesse V_o maintenue constante par hypothèse.

On l'obtiendra comme il a été dit ci-dessus, et on aura ainsi une épure analogue à celle de la fig. 40, où V_o est la courbe à vitesse constante, et V la courbe à vitesse variable.

Les différences d'ordonnées, telles que MP représenteront alors les ampères-tours négatifs à produire par le gros fil.

Prenons ces ampères-tours négatifs comme abscisses, et les puissances correspondantes comme ordonnées, nous obtenons une nouvelle

épure (fig. 41), avec cette courbe O — N I. Cette épure est immédiatement comparable à l'épure fondamentale du moteur, où l'on a déjà $I = f(W)$. On peut donc rapporter aux mêmes axes cette dernière courbe O I. (La partie pointillée indique la portion inutilisable de la courbe).

Nous remarquerons alors de suite que, pour que le problème admette une solution rigoureuse, il faudrait qu'il y eut proportionnalité exacte entre les abscisses de ces deux courbes.

Le facteur de proportionnalité serait alors précisément le nombre N de tours que doit faire le courant principal, autour des électros du champ.

Ici, comme dans le cas des machines génératrices, on n'arrivera pas à un résultat absolu. On pourra néanmoins en approcher suffisamment pour que le résultat soit obtenu pratiquement d'une manière assez satisfaisante.

La recherche des meilleures conditions de fonctionnement d'un moteur se trouve donc ainsi définie.

Conclusions.

Nous bornerons là cet exposé sommaire de la Théorie graphique des machines dynamo-électriques, telle que nous l'avons établie, et avec l'emploi constant que nous en faisons, nous croyons pouvoir affirmer que les résultats qu'elle donne sont d'une grande exactitude, et d'une utilité incontestable. Les deux courbes fondamentales du champ magnétique, et de la résistance intérieure apparente, (ou son équivalente, la courbe des volts absorbés à l'intérieur), mériteraient véritablement le nom de *caractéristiques* de la machine, si ce nom n'avait déjà été appliqué à une autre courbe complexe.

L'une d'elles peut révéler des défauts que ne montrerait pas l'autre, ou une courbe complexe, fonction de trop de variables.

En appliquant ces méthodes à l'étude de machines de types divers, on aperçoit bientôt toute l'importance de la valeur absolue du champ magnétique de la dynamo.

Nous insistons sur ce point, car c'est bien véritablement la courbe des champs magnétiques en unités C. G. S. qui caractérise une machine, et non celle des forces électromotrices à une vitesse donnée. C'est pourquoi nous l'avons choisie comme courbe fondamentale.

L'état de régime d'une machine sera d'autant plus stable, que la valeur de son champ sera plus élevée. Elle sera moins sujette aux emballements et aux variations provenant des variations extérieures ; enfin, la longueur du fil nécessaire à produire la force électromotrice requise étant moindre, la résistance intérieure sera moins grande aussi, et le rendement meilleur.

Bien que ce travail ne soit aucunement un travail critique, nous indiquerons ci-dessous quelques chiffres, plutôt pour fixer l'état actuel des choses sur ce point, qu'à titre de comparaison entre les machines.

Les différents types que nous avons été à même d'étudier, ont des valeurs très variables.

Laissant de côté les très petites machines, pour ne nous arrêter qu'aux types industriels, nous avons trouvé les résultats suivants :

Une machine Phœnix de 110 volts et 70 ampères (N° 4), nous a donné 1450 unités C. G. S. environ.

Une machine Gramme de 110 volts et 40 ampères, du type dit supérieur, avait 2000 unités à peu près.

Pour ces deux machines, les inducteurs étaient en fonte.

Parmi les machines à inducteurs en fer, nous ne parlerons que des machines Édison françaises.

Les plus faibles types, 110 volts et 20 ampères, ont 2400 unités.

Les types de 80 et 150 ampères ont environ 3600 unités.

Les types de 350 ampères ont 4000

Enfin, les dernières machines de 800 ampères et 110 volts récemment construites, ont donné un champ très voisin de 4500 unités C. G. S. Ajoutons que dans ce dernier type, des considérations spéciales avaient conduit à réduire au minimum acceptable les pièces inductrices. Une machine ayant des pièces un peu plus volumineuses, ce qui n'aurait pas accru de 10 o/o le poids total, aurait certainement dépassé très notablement ces 4500 unités.

Parmi les trop rares machines dont les données ont été publiées scientifiquement, nous n'avons jamais relevé de chiffres approchant de ces derniers.

Le champ des machines Édison-Hopkinson construites en Angleterre, est, croyons-nous de

3600 unités environ. En dehors de ces machines, nous croyons qu'il en existe peu qui dépassent 3000 unités [1].

R.-V. Picou

PRÉDÉTERMINATION DES

CARACTÉRISTIQUES DES MACHINES

DYNAMO-ÉLECTRIQUES [2]

D'après de nombreuses expériences faites sur mes machines, et d'après des données qui m'ont été fournies par d'autres constructeurs de dynamos, je puis donner les valeurs moyennes suivantes de la densité de saturation qu'il faut prendre pour base dans l'emploi des formules :

		Nombre de lignes par pouce carré
Armatures. —	Fil de fer au bois bien recuit	25
	Disques. — Fer au bois recuit	22
Inducteurs. —	Pièces de forge.....	18

La supériorité du fil sur le disque est probablement due au recuit plus intime du premier, et peu-être aussi, à ce que, dans le fil, les lignes sont parallèles à la direction des fibres, tandis que dans le disque, ces lignes peuvent se distribuer suivant les deux directions parallèle et perpendiculaire au plan du disque.

L'infériorité magnétique du fer des inducteurs relativement au fer des couvertures tient probablement à la difficulté de recuire intimement de grandes masses.

Je ne sache pas qu'il y ait eu des expériences faites sur des inducteurs composés de lames minces.

On remarquera que les nombres donnés plus haut sont notablement supérieurs à ceux qu'on pourrait extraire des expériences de Rowland, Bosanquet et Hopkinson, bien qu'ils soient encore inférieurs aux valeurs qu'on pourrait obtenir avec du fer exceptionnellement doux.

Je ne puis m'expliquer ceci que par la différence de qualité des fers expérimentés par ces savants et de ceux dont on se sert industriellement dans la construction des dynamos.

Supposons que nous connaissions la qualité du fer que nous employons et sa densité de saturation ; nous en tirerons les valeurs de Z_1 et de Z_2. Puis nous procéderons comme il suit :

Nous nous donnons un certain nombre de lignes utiles ζ_1 et nous calculons la densité correspondante σ_1 dans l'âme de l'armature. La valeur correspondante de la fonction

$$\frac{tg\left(\frac{\pi}{2}\sigma_1\right)}{\frac{\pi}{2}\sigma_1}$$

extraite d'un tableau dressé d'avance, est à multiplier par la résistance initiale de l'âme de l'armature : on y ajoutera la résistance de l'air. Cette somme multipliée par ζ_1 donnera p_1, quantité que nous avons appelée pression magnétique entre les pièces polaires.

Les dérivations perdues engendrées sous cette pression, c'est-à-dire le nombre des lignes qu'on ne peut retrouver dans l'armature, dépendent de la résistance du milieu qui environne la machine.

Cette résistance ne peut pas être calculée à la manière de celle de l'*entrefer*, car elle dépend de la forme des inducteurs, des parties voisines appartenant au bâti, des supports, etc. ; mais, en vertu de la nature même de la résistance de ce milieu non magnétique, il est évident que cette valeur de ρ, pour des types semblables de dynamos, est inversement proportionnelle aux dimensions linéaires de la machine. On pourra donc exprimer cette résistance par le quotient d'une constante et du diamètre de l'armature. Une seule expérience suffit à déterminer cette constante pour toutes les dimensions linéaires d'un type donné.

Connaissant ρ, nous avons la valeur du nombre des lignes perdues

$$\zeta = \frac{p_1}{\rho}$$

et la valeur du nombre total des lignes est :

$$\zeta_2 = \zeta_1 + \zeta$$

Le rapport de ζ_2 à Z_2 donne la valeur de σ_2,

(1) Toute la partie expérimentale de ce travail a été exécutée dans le laboratoire de la Société Industrielle et Commerciale Édison, à Ivry-sur-Seine.

(2) Voir *La Lumière Électrique* du 1er et 8 janvier 1887.

densité dans l'inducteur. Si nous nous reportons de nouveau au tableau déjà cité, nous trouvons la valeur correspondante de la fonction

$$\frac{tg\left(\frac{\pi}{2}\sigma_2\right)}{\frac{\pi}{2}\sigma_2}$$

par laquelle il faut multiplier la résistance initiale de l'inducteur, pour obtenir la résistance réelle correspondante à cette valeur particulière de la densité.

Le produit de cette résisiance par z_2 donne la

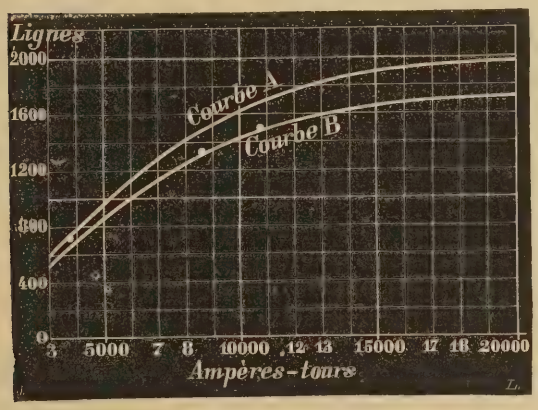


Fig. 1.

Courbe A. — Nombre des lignes à travers les inducteurs. — Courbe B. — Inducteurs simples de Kapp, nombre des lignes à travers l'âme de l'armature.

valeur de la force magnétique p_2 nécessaire au champ seul, et la somme $p_1 + p_2$ est la force magnétisante totale P nécessaire pour produire z_1 lignes utiles.

De cette façon nous arrivons à évaluer P pour diverses valeurs de z_1 ; si nous représentons les résultats par une courbe, on obtient la *caractéristique de magnétisation*, au moyen de laquelle on peut déterminer tous les éléments de la dynamo.

Si l'on détermine la force électromotrice de l'armature parcourue par un courant, il faut tenir compte de l'influence de la self-induction qui abaisse d'une manière apparente les ordonnées de la caractéristique. Toutefois, comme ce phénomène concerne plus particulièrement l'armature que les inducteurs, nous n'en parlerons pas dans ce mémoire.

Afin de montrer le degré d'approximation de la méthode que nous venons d'indiquer pour l'évaluation de la force magnétisante, nous avons dressé les figures 1, 2, 3. Ces diagrammes contiennent les courbes calculées pour 3 dynamos

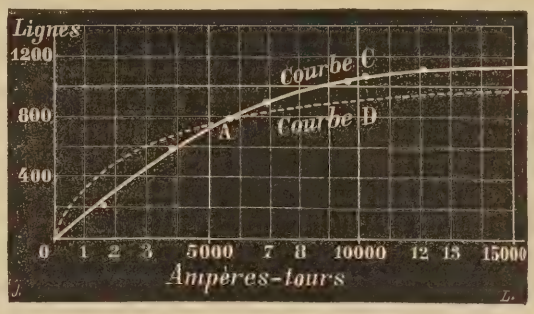


Fig. 2.

Courbe C. — Inducteurs à points conséquents. — Phœnix, nombre des lignes à travers la moitié de l'armature. — Courbe D. — Courbe de Frœlich.

différentes et les points indiquent les résultats expérimentaux obtenus avec ces machines.

La courbe inférieure de la fig. 1 est la caractéristique *déterminée à l'avance* d'une de nos machines ; elle donne le nombre de lignes utiles tra-

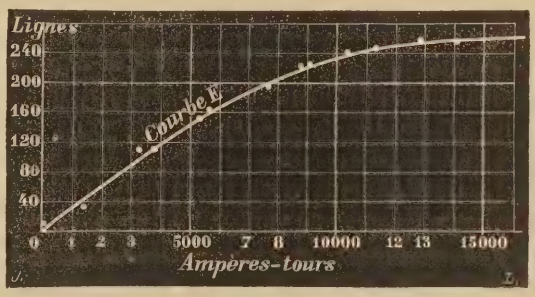


Fig. 3

Courbe E. — Inducteurs à points conséquents, *Crompton*, nombre des lignes à travers la moitié de l'armature.

versant l'armature en fonction de la force magnétisante. La courbe supérieure donne le nombre total des lignes créées : la différence des ordonnées correspondantes des deux courbes représente par conséquent la perte par dérivation.

Pour permettre de vérifier l'exactitude de ces courbes et d'autres, les données qui ont servi à les tracer sont contenues dans les tableaux ci-dessous. Les résultats expérimentaux représentés

par des points ont, pour cette dynamo, les valeurs suivantes:

$Z_1 =$	715	1330	1490	1705
$P =$	3 800	8600	10 800	18 600

Grâce à la bienveillance de MM. Paterson et Cooper, Crompton et Cie, j'ai pu contrôler ces formules sur leurs machines et les résultats de cette vérification sont représentés respectivement par les figures 2 et 3. Les courbes en traits pleins sont les caractéristiques calculées donnant le nombre des lignes utiles qui traversent une moitié de l'armature (les machines *Phœnix* et *Crompton* sont à points conséquents). Les résultats expérimentaux de la figure 3, qui nous ont été obligeamment fournis par M. Esson, ont les valeurs suivantes:

$\frac{Z_1}{2} =$	207 5	504	792	910	1030	1070	1130
$P =$	1604	3 840	5660	6 900	9600	11240	12100

Dans un but de comparaison, nous avons ajouté une courbe obtenue par la méthode de Frœlich.

La courbe des points montre les valeurs de $\frac{Z_2}{2}$ obtenues au moyen de la fonction $\frac{P}{a + \beta P}$, dans laquelle a et β représentent des constantes qu'on peut déterminer, quand on connait la caractéristique réelle. En choisissant les deux points près l'un de l'autre, on peut obtenir une certaine approximation entre la caractéristique réelle et la courbe de Frœlich; l'approximation n'a lieu que pour la portion de courbe comprise entre les deux points; en deça et au-delà la divergence est considérable.

Si l'un des points correspond à $P = a$ (ce qui donnerait suivant la nouvelle notation de Frœlich β comme valeur de l'inverse du maximum d'aimantation), la courbe est bonne entre le point choisi et la saturation.

Dans la figure, le point a été choisi en A, où $P = 5{,}500$, c'est-à-dire à peu près la moitié de la force magnétisante commercialement utile avec cette machine, puisque une force magnétisante supérieure à 11,000 ampères-tours ne produirait aucun accroissement effectif de force électromotrice.

D'après l'allure de la caractéristique, la saturation a été prise en $\frac{Z'}{2} = 1150$; ce qui donne $\beta = \frac{1}{1150}$ et $a = 2{,}32$.

La courbe des points a été obtenue au moyen de ces valeurs et présente un écart notable avec les résultats expérimentaux.

En choisissant le point défini A plus haut sur la caractéristique actuelle, on obtiendrait un rapprochement entre cette dernière et la courbe de Frœlich; mais en même temps la portion pratique de cette courbe en serait plus restreinte. En ce qui concerne la machine Crompton, les résultats m'ont été obligeamment fournis par M. Swinburne, et ont les valeurs suivantes

$\frac{Z_1}{2} =$	27	112		151	161	197
$P =$	1400	3300	et 3800	5 300	5 700	7 700
$\frac{Z_1}{2} =$	223	231	240	246	258	258
$P =$	8820	9050	10420	11300	12900	14060

Les courbes ont été tracées comme d'habitude d'après les données suivantes:

Tableau des constantes déterminées par les essais de trois dynamos:

Fig.	Z_1	Z_2	R_α	R_f	ρ
2	2200	2200	3 7	0 40	30
3	1200	1940	4 7	0 57	18
4	300	460	2 8	1 00	47

G. Kapp.

LE

LABORATOIRE CENTRAL

D'ÉLECTRICITÉ

L'exposition d'électricité de 1881 fut un grand succès, on s'en souvient. Les exposants vinrent de tous côtés, et apportèrent un ensemble d'objets d'une variété et d'un intérêt presque inattendus; le public afflua, il montra une attention, une surprise, une admiration à la hauteur des œuvres exposées; à la suite de cette entreprise, de sérieux

progrès scientifiques se produisirent, des industries prirent naissance, des actes internationaux importants furent conclus; avec de pareils résultats, une exposition aurait eu amplement le droit de perdre de l'argent; chose surprenante, bien rare dans l'histoire, celle-ci en gagna : tout compte fait, 331.000 francs sonnants restèrent nets et bien acquis.

Le Ministre des Postes et Télégraphes, qui avait eu la direction de l'affaire, dut assigner un emploi à ces fonds: il décida qu'ils seraient consacrés à la fondation et l'entretien d'un Laboratoire Central d'Électricité. C'était une bonne pensée et il faut louer le Ministre de l'avoir eue; toutefois, il ne faut pas oublier non plus que la disposition de cet argent n'était pas tout à fait libre, et qu'il ne pouvait en aucun cas tomber dans la caisse de l'État. Celui-ci n'était pas seul en cause. L'exposition avait été entreprise avec l'appui d'une société fournissant un capital de garantie; elle avait droit aux bénéfices, c'est elle qui, en abandonnant son gain, a proposé d'employer l'argent dans un but scientifique; le Ministre a précisé, il a eu le mérite de bien choisir, mais la générosité vient de la société de garantie, on ne doit pas l'oublier dans la distribution de la reconnaissance.

Il restait à réaliser ces bonnes intentions, naturellement deux ou trois années s'écoulèrent, sans que rien fût fait; pour une entreprise d'État, ce n'est pas trop.

Il faut bien le dire, les choses seraient peut-être encore au même point, si, dans l'intervalle, la *Société internationale des Électriciens* n'était pas venue au monde.

Cette réunion, désireuse de s'affirmer par quelque œuvre durable, bien en cour d'ailleurs et appuyée en haut lieu, proposa de se charger de l'étude de l'organisation, et même, de concourir de ses ressources à l'entretien, et de son personnel à l'administration du Laboratoire. Le Ministre qui, d'ailleurs, avait été changé dans l'intervalle, accepta la proposition, au moins dans certaines limites, et autorisa la Société internationale des Électriciens à lui présenter son projet d'organisation.

La Société désigna une commission de vingt membres ; la commission, ainsi que cela se fait généralement, choisit dans son sein, une sous-commission de sept membres ; la sous-commission nomma M. E. Sartiaux, secrétaire-rapporteur, et celui-ci, selon l'ordinaire usage, fit à peu près tout le travail, et dressa un rapport auquel était joint un avant-projet d'édifice et d'organisation.

Comme point de départ à son étude, M. E. Sartiaux se préoccupa de savoir s'il n'existait point, dans les pays étrangers, d'établissement analogue à celui qu'il s'agissait de créer. Comme le dit le rapport, à une exception près, on ne trouve rien de ce genre; il existe des instituts, des écoles d'électricité, fort bien installées quelquefois, parmi lesquelles nons citerons avec plaisir: l'institut Montefiore, à Liège, que dirige notre collaborateur Eric Gérard.

De ces institutions, les unes ont été fondées par le gouvernement et relèvent de lui, comme en Autriche; d'autres, fondées par des particuliers, sont rattachées à des institutions de l'État, ou inspectées par lui, comme en Belgique et en Italie; d'autres, enfin, sont complètement libres comme en Angleterre.

Aucune, comme nous l'avons dit, ne constitue un laboratoire. A Munich seulement, on en trouve un, fondé précisément comme nous voulons le faire, avec les bénéfices de l'exposition d'électricité, faite dans cette ville en 1882.

L'institution, quoique autonome, est rattachée à l'Institut Polytechnique, et plus spécialement réservée aux élèves de celui-ci; cependant elle cherche à fournir l'une des utilités principales d'un Laboratoire central, qui est de donner des renseignements précis, étalonnements, tarages, mesures de force électromotrice, résistances, etc., sur les appareils que le public présente. D'après les renseignements reçus, le programme dans ce sens n'a jamais été complètement rempli.

Ayant ainsi examiné rapidement ce qui est, le rapport expose ce qu'il faut faire selon lui; il définidt, ans les termes suivants, les conditions à remplir.

« Le Laboratoire central d'Électricité aurait la mission, d'une manière générale, de fournir au public des indications aussi précises que possible sur la valeur des divers appareils inventés; il doit être en mesure de contrôler la qualité de ceux construits par les électriciens de tous les pays, et pouvoir, en outre, expérimenter pratiquement les machines électriques, les lampes de divers systèmes, les piles, les conducteurs, etc.; vérifier et étalonner les appareils de mesure, et donner aux électriciens ou aux inventeurs, des renseignements de tout genre propres à les guider ou à les aider dans leurs travaux. Enfin, des laboratoires de

chimie et de physique, qui sont les annexes indispensables d'un laboratoire d'électricité, permettraient de donner satisfaction à toutes les exigences des inventeurs et des industriels.

« Il parait également indispensable qu'à côté de ces laboratoires soit installée une bibliothèque musée avec salle de travail, ouvertes à tous les savants et industriels électriciens qui trouveraient ainsi réunis sous leurs mains, des documents aujourd'hui éparpillés dans diverses bibliothèques publiques ou privées.

« Enfin, pour complèter les moyens de divulgation, il paraît intéressant de recourir à la bonne volonté de quelques savants professeurs, qui exposeraient, dans des conférences régulières et ouvertes à tous, les progrès et les applications nouvelles de la science électrique. »

Tout cela me semble bien compris; je ferai peut être quelques réserves sur le dernier point; sauf en temps d'exposition ou autres circonstances exceptionnelles de ce genre, l'expérience prouve qu'il est difficile d'installer des conférences régulières : ou elles reviennent à la forme d'un cours de science, mieux à sa place dans les établis-

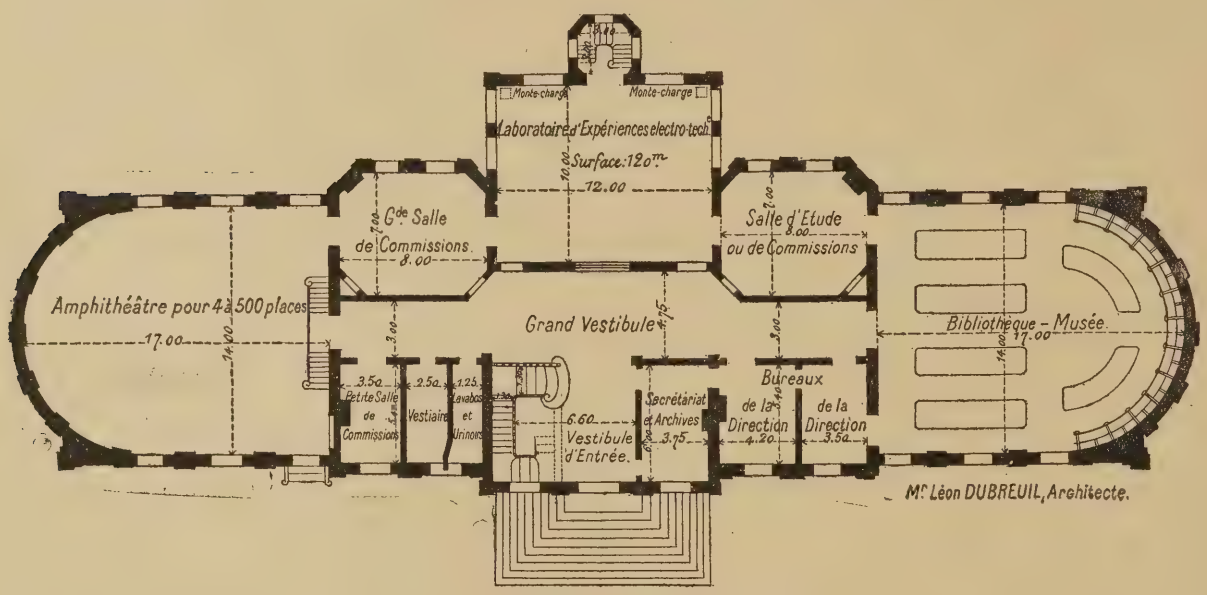


Fig. 1. — Laboratoire central d'électricité, avant projet, plan du rez-de-chaussée.

sements d'éducation, ou bien elles dégénèrent volontiers en quasi-réclames et plaidoyers, dans lesquels les inventeurs et les polémistes imposent au public des personnalités tout à fait mal placées dans un laboratoire.

J'insisterai, au contraire, sur ce qui concerne les besoins des inventeurs et des industriels, mais nous y reviendrons tout à l'heure.

Le rapport s'occupe ensuite de l'organisation matérielle et administrative du Laboratoire. Il s'agit d'élever un bâtiment spécial : on en a demandé le plan à M. Dubreuil, architecte, membre de la Société internationale des électriciens.

Nous reproduisons (fig. 1), le plan du rez-de-chaussée.

L'édifice possède au-dessous de cet étage un sous-sol de même étendue ; au droit du grand amphithéâtre est la salle des machines; au droit de la bibliothèque, la salle des piles, le milieu du bâtiment seul présente un premier étage, où se trouvent les laboratoires de physique et de chimie, deux salles de conférences, et les appartements du directeur.

Le rapport dit que l'avant projet de M. Dubreuil est susceptible de modifications dans les détails. Nous l'espérons bien, car s'il s'agissait d'une proposition définitive, j'aurais à présenter diverses observations, non seulement sur le détail, mais sur la conception même de l'ensemble. Tel qu'il est, cet édifice n'est pas un laboratoire, c'est un institut, un lieu d'enseignement, de publicité, mais non d'étude. Il donnerait, à la rigueur, satis-

faction au désir du directeur et de ses adjoints s'ils veulent travailler, mais le public n'y trouvera rien de préparé pour lui.

Par exemple, où sont les salles spéciales pour les étalonnements, les tarages? où est le laboratoire de photométrie, la salle des essais de machines? et ceci ne s'applique qu'à un point de vue, celui de la vérification des appareils : il y en a un autre. J'estime, pour moi, que le laboratoire doit, en tête des utilités qu'il procurerait, offrir un champ favorable à tous les travailleurs ; il n'est annexé à aucun institut, il n'est réservé à personne, il doit être public. Il doit donc donner au public studieux, à celui qui cherche, le moyen d'étudier et de chercher.

Dans un établissement de ce genre, il doit y avoir un certain nombre de petits laboratoires, où l'on puisse mettre à la disposition d'un homme de science, une prise de courant, des instruments de mesure, le matériel nécessaire à une recherche; il faut, de plus, que le chercheur puisse trouver sous sa main un atelier avec un petit nombre d'ouvriers adroits pouvant lui construire rapidement les menus appareils dont il peut avoir besoin. Bien entendu, la disposition de ces locaux, de ces appareils, de ces ouvriers se paierait, ce serait même là, pour le Laboratoire, une ressource sérieuse. Naturellement, si le travailleur demande l'aide du personnel supérieur, celui-ci ne l'accordera qu'au cas où, après examen, l'étude entreprise lui paraîtrait en valoir la peine ; il y aura là des décisions délicates à prendre, et qui réclameront, sans doute, l'intervention d'une commission supérieure assez autorisée pour porter la responsabilité de refus quelquefois difficiles à faire accepter. C'est ainsi, pour ma part, que je comprends un laboratoire central, donnant toutes les utilités qu'on en doit attendre ; il est visible que l'avant-projet, tel qu'il est conçu, ne répond pas complètement à ces destinations. D'ailleurs, et sans même incliner dans le sens que je viens d'indiquer, on verra immédiatement qu'on n'a pas pourvu le Laboratoire du métériel nécessaire.

On admet comme moteurs, deux machines à gaz de 12 chevaux ; que fera-t-on avec cela? on aura souvent, et tous les jours, plus fréquemment à examiner des machines de 30, 50, 100 chevaux de force, encore faut-il pouvoir les mettre en mouvement, un matériel de 100 chevaux ne sera pas trop : il faut lui adjoindre un dynamomètre de transmission qui n'est pas prévu.

Comme génératrices on a compté deux machines Gramme, type atelier, une machine Edison, une machine Meritens ; tout cet ensemble représente à peu près une vingtaine de chevaux ; ce n'est pas assez, il faut pour beaucoup d'expériences une machine pouvant donner au moins 120 volts et 500 ampères ; il faut prévoir des machines à haute tension. Bref, le jour où on s'installera définitivement, le programme est à revoir ; c'est ce que prévoit, d'ailleurs, le rapport.

Mais il n'y a rien qui presse et nous n'en sommes pas là.

En effet, après avoir étudié les éléments du problème, le rapport, comme cela était nécessaire, passe à la pratique, il examine l'emplacement, et les dépenses de construction : l'emplacement doit être central, dit-il, et il a raison ; les dépenses de construction s'élèveront à 350,000 francs et il est au-dessous de la vérité. Donc, dores et déjà la somme disponible serait absorbée, et l'emplacement reste à trouver ; or les emplacements centraux à Paris coûtent cher.

La commission, ou peut-être, la sous-commission, ou le secrétaire rapporteur, enfin quelqu'un d'actif et de convaincu examina la situation et se dit : « Il y a deux choses à faire à la fois : d'une part, préparer la réalisation définitive en recherchant d'abord l'emplacement, d'autre part, comme le temps passe, comme il faut aboutir le plus promptement possible et faire rapidement quelque chose, le mieux est de trouver un coin tel quel où avec peu de dépense on puisse s'installer provisoirement, et faire comme le philosophe grec, prouver le mouvement en marchant. »

Ainsi fut fait ; on entama des négociations avec la Ville ; celle-ci se montra fort bien disposée ; elle offrit d'abord les bâtiments de l'observatoire de Montsouris, lequel va disparaître ; la commission estima que le point était trop peu central ; elle eut raison sans doute ; cependant la situation était bien jolie et je la regrette quelque peu. La Ville offrit alors un emplacement dans l'ancien collège Rollin, celui même qui avait été d'abord destiné à l'intitut Pasteur : cela convint mieux. Les négociations se poursuivent, et l'on parcourt la série des *formalités* (O immortel Bridoison !) Quand sera-t-on au bout? on l'ignore.

En attendant, on a trouvé un emplacement : MM. Ménier étaient en possession, à Grenelle, d'une usine assez étendue dont ils ne faisaient pas usage, ils consentirent à en céder à la Société

une partie, par un bail constituant presque une concession gracieuse. Cette portion d'usine formait un grand hangar subdivisé déjà, et qu'il était possibe d'aménager.

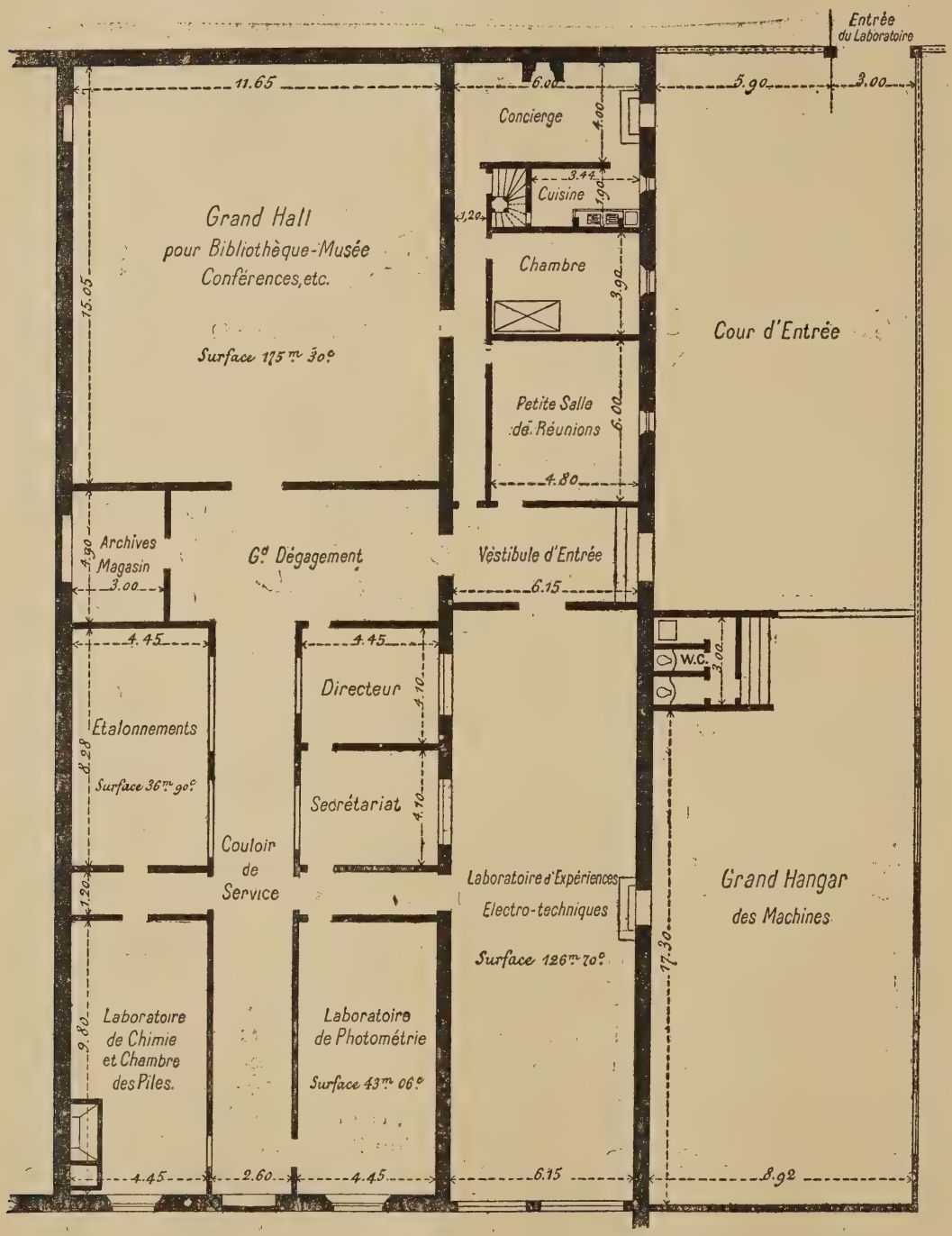


Fig. 2. — Installation provisoire du laboratoire central d'électricité.

La chose fut faite, ainsi que l'indique le plan ci-joint (fig. 2).

Comme on le voit, l'ensemble est coupé dans sa longueur en deux parties inégales ; la plus

étroite renferme sur le devant de petites pièces destinées au logement du concierge, aux réunions de la commission ; elle présente aussi une vaste salle longue, intitulée laboratoire d'expériences. Dans l'état actuel, on semble l'avoir un peu négligée : pour ma part, j'y verrais volontiers des laboratoires particuliers, suivant l'idée que j'ai indiquée ci-dessus, ou bien une salle permettant de grandes expériences publiques, étant donné le voisinage des moteurs, placés à côté comme nous le dirons.

La grande portion restante nous donne d'abord un vaste hall que l'on destine à former le musée, la bibliothèque, le lieu des grandes expériences, le point central enfin et la salle fréquentée du laboratoire. Cela me plaît bien : quand le laboratoire aura pris son essor, on trouvera là un lieu de réunion active et travaillante qui peut être fort utile ; l'autre moitié subdivisée comprend d'un côté la salle des étalonnements que l'on a choisie isolée autant que possible pour y assurer l'immobilité et la constance de température, puis le laboratoire de chimie où s'étudieront les piles et accumulateurs ; de l'autre côté, on trouve deux pièces pour l'administration et un laboratoire provisoirement destiné à la photométrie ; pour cette dernière, la longue ligne allant du fond du corridor central au fond du grand hall donne des facilités spéciales.

Enfin, le long du bâtiment, dans un terrain dépendant, on a appuyé le hangar des machines : il est suffisamment vaste, même pour la machine de cent chevaux que je réclamais plus haut, et que j'espère y voir ; il peut envoyer facilement ses transmissions à l'intérieur du bâtiment, particulièrement dans la grande salle d'expériences, dont nous avons parlé.

Le bâtiment installé, il a fallu lui donner un personnel. Pour l'administration définitive, le rapport s'exprimait ainsi :

« Le Laboratoire serait administré et géré par un conseil de surveillance composé de délégués du gouvernement et de la ville de Paris, de membres de l'Académie des Sciences et des sociétés savantes, d'industriels et enfin de membres élus de la Société Internationale des Électriciens. Un savant électricien, aidé de quelques ingénieurs nommés par le conseil de surveillance, aurait la direction technique. »

Ajoutons que, selon les termes même du rapport du Ministre, et du décret qui l'accompagne, « le Laboratoire dépendra du département des Postes et Télégraphes. »

Cela est fort bien dit : le Laboratoire doit demeurer une chose publique, l'État qui représente l'universalité des citoyens et apporte en leur nom les bénéfices de l'exposition, a droit de réclamer une part ; de même, la société organisatrice, de même aussi les sociétés savantes, les donateurs ; mais tout cela c'est l'avenir : pour le moment, il ne s'agissait pas d'organiser, mais de faire marcher le plus simplement et le plus vivement possible ; le Ministre des Postes et Télégraphes, sur la demande de la Commission, a désigné un chef de Laboratoire ; son choix s'est porté sur M. Guillebot de Nervelle, ingénieur des télégraphes, secrétaire de la Société des Électriciens, désigné d'ailleurs par la part qu'il a prise aux études faites pour la détermination de l'Ohm légal. Tout nous assure que c'est là un fort bon choix : M. de Nervelle a fait ses preuves de science, ce qui est excellent, et de plus il est jeune, ce qui est bien précieux pour la création d'une institution. Nous espérons beaucoup de lui.

Le Ministre, d'accord avec la Société, a également designé comme délégué spécial de son département, chargé du haut contrôle de l'établissement, M. Mercadier, directeur des études à l'École Polytechnique ; les lecteurs de ce journal connaissent et estiment de longue date M. Mercadier, et ce que j'en pourrais dire ne leur apprendrait rien.

Ce petit personnel suffit à l'état actuel. Nous nous trouvons donc aujourd'hui en face d'un bâtiment aménagé, et d'un personnel tout prêt ; il ne manque plus que le nécessaire, c'est à savoir : le mobilier, les instruments, les machines. Or, il n'y a pas à dire, il faut trouver tout cela sans le payer ; le provisoire ne doit pas dévorer le définitif, les fonds du Laboratoire doivent demeurer aussi intacts que possible ; on veut, on doit arriver sans les entamer, et pour cela, on a compté sur le concours de tous.

Il ne fera pas défaut, cela est bien sur ; et je donnerai sans tarder la raison qui doit emporter toutes les hésitations. Aussitôt que le projet de Laboratoire a été connu en Allemagne, la maison Siemens a proposé d'en créer un à Berlin, elle a donné pour cela 62,500 francs ; le gouvernement a demandé au landstag d'ajouter 1,400,000 fr., pour instituer un grand laboratoire central de physique et d'électricité.

Il n'est pas besoin de tant d'argent pour bien faire ; d'ailleurs, s'il en faut, nous en aurons ; nous ne possédons pas encore de grande fortune électrique comme celle de la maison Siemens, mais nous en avons bien la monnaie. Le président de la Société des Électriciens s'est déjà adressé aux compagnies des chemins de fer, il n'oubliera pas d'autres portes auxquelles il faut frapper, et où le bon accueil est assuré. Pour le plus immédiat, les instruments, les machines, il est à peine utile de rappeler les raisons qui porteront nos excellents constructeurs à faire largesse : le laboratoire sera évidemment la plus fructueuse exposition permanente qui se puisse créer ; c'est là que les travailleurs viendront se familiariser avec les appareils, les comparer, choisir celui qui convient à leurs habitudes, à leurs goûts. Aussi tout producteur a-t-il un intérêt évident à y produire ses meilleurs types ; le musée sera là, d'ailleurs, pour recevoir les formes historiques et mieux faire juger les progrès ; la bibliothèque attend les ouvrages de tous nos publicistes qui ne trouveront nulle part de lecteurs plus compétents et mieux disposés ; et puis, j'en reviens à ce que j'ai dit, c'est une institution qui doit être française, nous avons été les premiers à oser l'exposition d'électricité, on sait avec quel succès : c'est à nous d'être les premiers à créer le Laboratoire central d'électricité ; ne nous laissons pas enlever cet honneur.

FRANK GERALDY.

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur le problème de la distribution électrique, par M. H. Poincaré (1).

Le problème de la distribution électrique se ramène, comme on le sait, au problème de Dirichlet qui consiste à déterminer une fonction V qui satisfasse à l'équation de Laplace $\Delta V = 0$ à l'intérieur d'une certaine région et qui prenne sur la surface qui limite cette région des valeurs données. Riemann a donné de la possibilité de ce problème une démonstration simple et élégante, mais peu rigoureuse. Depuis, MM. Neumann, Schwarz et Harnack ont imaginé plusieurs méthodes qui permettent, non seulement d'établir l'existence de la solution, mais de la déterminer complètement. Ces méthodes ont un double caractère : ce sont à la fois des méthodes de démonstration, destinées à montrer la possibilité du problème, et des méthodes de calcul destinées à le résoudre effectivement. A ce second point de vue, elles sont très imparfaites ; car, si elles sont susceptibles théoriquement de donner une approximation indéfinie ; si même elles conduisent assez facilement à certaines inégalités auxquelles doit satisfaire la fonction cherchée, elles ne permettraient pas, sans un labeur très pénible, de pousser l'approximation un peu loin. Il n'est donc pas inutile d'en imaginer de nouvelles, quand même elles devraient avoir les mêmes inconvénients, ce qu'il paraît, d'ailleurs, impossible d'éviter. En effet, chaque méthode nouvelle conduit facilement à des inégalités nouvelles qu'il peut être intéressant de connaître. C'est ce qui m'engage à exposer ici un procédé qui n'a pas encore été proposé, du moins que je sache.

Supposons, pour fixer les idées et simplifier l'exposé qui va suivre, qu'il s'agisse de déterminer la distribution électrique sur un conducteur *unique* (mais de forme, d'ailleurs, quelconque), chargé au potentiel intérieur 1. On peut imaginer un réseau formé d'une infinité de sphères S_1, $S_2, \ldots S_i, \ldots$, qui sont toutes et tout entières extérieures au conducteur. Je suppose, de plus, que tout point extérieur au conducteur soit intérieur, au moins à l'une des sphères S_i. J'envisage, enfin, une sphère Σ dont le rayon R soit assez grand pour que le conducteur y soit contenu tout entier.

Imaginons maintenant une quantité R d'électricité positive répartie sur Σ avec une densité uniforme $\frac{1}{4\pi R}$. Le potentiel de cette électricité sera égal à 1 à l'intérieur de Σ et plus petit que 1 mais positif, à l'extérieur.

Rappelons maintenant un résultat bien connu : c'est qu'il est possible de remplacer un point électrisé, situé à l'intérieur d'une sphère, par une couche électrique répandue à la surface de cette même sphère et dont l'action sur un point extérieur soit la même ; nous l'appellerons *couche équivalente*.

(1) Note présentée par M. Hermite, à l'Académie des Sciences, le 3 janvier 1887.

Voici maintenant la série d'opérations que nous allons faire. Considérons l'une des sphères S_i et remplaçons l'électricité contenue à l'intérieur de cette sphère par une couche équivalente répandue à sa surface. Le potentiel ne changera pas à l'extérieur de S_i et diminuera à l'intérieur.

Si donc nous opérons successivement ainsi sur chacune des sphères S_i, en dirigeant les opérations, de façon à revenir une infinité de fois sur chaque sphère, le potentiel ira toujours en diminuant; mais, comme il n'y aura en aucun point d'électricité négative, il sera toujours positif. Il tendra donc vers une limite finie et déterminée que j'appelle V.

Mais, d'après un théorème de Harnack, si, dans une certaine région, tous les termes d'une série sont positifs et satisfont à l'équation de Laplace, la série ne peut converger qu'uniformément. Donc notre potentiel tendra uniformément vers sa limite V. Cela suffit pour démontrer que V est une fonction continue et que

$$\Delta V = 0$$

Il est clair que V est toujours plus petit que 1 et s'annule à l'infini; il reste à démontrer que V tend vers l'unité quand on se rapproche de la surface du conducteur. Il suffit, pour cela, de faire une remarque. Soit O un point quelconque intérieur au conducteur; soit ρ la distance de O au point (x, y, z); soit r la plus courte distance de O à la surface du conducteur. Notre potentiel sera toujours plus grand que $\frac{r}{\rho}$; on aura donc encore à la limite

$$1 > V > \frac{r}{\rho}$$

Or il est évident que, quand le point (x, y, z) se rapprochera indéfiniment d'un point P de la surface du conducteur, on pourra toujours choisir le point O, ou faire tendre le point O vers le point P, de telle façon que $\frac{r}{\rho}$ tende vers 1.

Il résulte de là que la fonction V ainsi définie n'est autre chose que le potentiel d'une charge électrique distribuée sur notre conducteur.

Comme méthode de démonstration, celle que je propose est supérieure à toutes les autres, puisqu'elle ne souffre aucune exception; comme méthode de calcul, elle est évidemment moins simple que celle de Neumann, dans le cas où cette dernière s'applique, c'est-à-dire pour un conducteur convexe. Elle n'en fournit pas moins diverses inégalités intéressantes, très nombreuses et variées, parce que le choix des sphères S_i reste arbitraire dans une large mesure et qu'on peut, d'ailleurs, introduire dans la méthode diverses modifications de détail, que je n'ai pu exposer ici, mais qui augmentent encore cet arbitraire et qui, de plus, permettent d'étendre la méthode au cas de plusieurs conducteurs.

Sur la nature des actions électriques dans un milieu isolant. *Deuxième* (1) *Note de* **M. A. Vaschy** (2).

Si la matière pondérable d'un diélectrique terminé aux surfaces de divers conducteurs électrisés subit l'action, non pas de la force totale $p = \frac{1}{8\pi k}\left(\frac{dV}{dn}\right)^2$, mais d'une fraction αp de cette force, c'est-à-dire si chaque tube de force élémentaire est soumis à une tension longitudinale αp et à une pression transversale de même valeur αp, ce diélectrique tendra à se raccourcir suivant les lignes de force et à se dilater dans les directions perpendiculaires lorsqu'on le laissera libre de le faire. Pour un tube élémentaire, les dilatations dans les divers sens seront, en désignant par ε le coefficient de compressibilité cubique et par σ le coefficient de *contraction latérale :*

Dilatation linéaire $-\frac{\alpha p}{3\varepsilon}\frac{1+2\sigma}{1-2\sigma}$ suiv. les lignes de force

— — $+\frac{\alpha p}{3\varepsilon}\frac{1}{1-2\sigma}$ — direct. perpend.

— cubique $+\frac{\alpha p}{3\varepsilon}$

Quant à la dilatation totale du milieu, elle s'obtiendra en multipliant la dilatation $\frac{\alpha p}{3\varepsilon}$ par un

(1) Voir la première aux *Comptes rendus*, t. CIII, p. 1186, et *La Lumière Électrique*, t. XXII, p. 608.

(2) Note présentée par M. Cornu à l'Académie des Sciences, le 3 janvier 1887.

volume infiniment petit *du* et intégrant dans tout le milieu

$$\frac{\alpha}{3\varepsilon}\int p\,du = \frac{\alpha}{3\varepsilon}\int \frac{1}{8\pi k}\left(\frac{dV}{dn}\right)^2 dS\ dn$$

dS étant la section droite et dn la longueur d'un tube élémentaire. Or, on sait que cette intégrale n'est autre chose que $\frac{3\varepsilon}{\alpha}$ W, W désignant l'énergie totale due à l'électrisation des conducteurs.

Si, en particulier, les conducteurs forment un condensateur de capacité C, chargé à la différence de potentiel (V—V'), on a

$$W = \frac{1}{2} C (V - V')^2$$

Par suite, la dilatation totale est

$$\frac{\alpha C}{6\varepsilon}(V - V')^2$$

Cette formule satisfait bien aux lois de la dilatation électrique déterminées par M. Duter, à un coefficient près, qui n'a pas été calculé par ce savant. Pour compléter la vérification, il resterait à étudier : 1° l'influence de la nature du diélectrique ou du coefficient k ; 2° la dilatation linéaire dans les diverses directions ; enfin à déterminer la valeur de α.

Un autre phénomène, découvert par le Dr Kerr, montre que le diélectrique interposé entre des corps électrisés se déforme et devient *anisotrope*, puisqu'il produit les effets de biréfringence des cristaux à un axe. Cette anisotropie est d'autant plus remarquable qu'elle a lieu dans les fluides : sulfure de carbone, térébenthine, etc., que l'on ne réussirait pas à rendre anisotropes par des actions d'origine mécanique. La loi formulée par Kerr confirme la théorie précédente, comme il est facile de le constater. Mais il resterait à compléter les expériences de ce savant, à déterminer numériquement la grandeur des effets électro-optiques et à la comparer à celle des effets semblables obtenus avec des lames de verre ou d'autres diélectriques soumis à des tensions longitudinales et à des pressions transversales connues : on pourrait ainsi arriver à voir si la théorie est complètement vérifiée par l'expérience et à calculer le coefficient α.

Le raisonnement suivant *paraît* devoir conduire à une détermination exacte de ce coefficient d'influence de la matière pondérable. Le potentiel V étant donné en chaque point du milieu, les tensions et pressions trouvées par le calcul sont égales à

$$p = \frac{1}{8\pi k}\left(\frac{dV}{dn}\right)^2$$

tandis que, si le milieu était le vide, c'est-à-dire était occupé par l'éther seul, on aurait

$$p_1 = \frac{1}{8\pi k_1}\left(\frac{dV}{dn}\right)^2$$

Tout porte donc à croire que, dans le milieu mixte, l'éther sera soumis aux forces p_1, et la matière pondérable à l'excès $(p - p_1) = \alpha p$:

$$p_1 = \frac{k}{k_1} p = \frac{1}{\mu} p$$

$$\frac{p - p_1}{p} = \alpha = 1 - \frac{1}{\mu}$$

Le coefficient α d'influence de la matière pondérable serait donc

$$\left(1 - \frac{1}{\mu}\right) \quad \text{ou} \quad \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$$

en admettant, avec Maxwell, que le pouvoir inducteur spécifique μ est égal au carré de l'indice n de réfraction. Ce coefficient est celui qui représente également l'influence de la matière pondérable dans le fait de l'entraînement de l'éther. Ce rapprochement n'est pas fortuit et prêterait à des développements intéressants.

Disons seulement, pour terminer, que, les problèmes d'électrostatique se ramenant ainsi à des problèmes d'équilibre de l'éther considéré comme corps élastique, les variations ou perturbations électriques devront se propager avec une vitesse uniforme, comme un ébranlement mécanique se propage dans un corps isotrope ou dont l'isotropie a été peu modifiée. Cette vitesse ne saurait être autre que celle de la lumière.

Sur la pression électrique et les phénomènes électro-capillaires, par M. P. Duhem (1).

J'ai montré, il y a deux ans (2), comment les

(1) Note présentée par M. Debray à l'Académie des Sciences, le 3 janvier 1887.

(2) *Applications de la Thermodynamique aux phénomènes capillaires (Annales scientifiques de l'École normale supérieure*, 3e série, t. II, p. 207 ; 1885).

principes fondamentaux de la théorie du potentiel thermodynamique permettaient de trouver les conditions d'équilibre d'une masse fluide et de faire une étude complète des phénomènes capillaires. Dans le Mémoire que j'ai publié alors, j'ai supposé qus tous les fluides étudiés étaient à l'état neutre. La méthode que j'ai suivie s'applique également aux fluides chargés soit de l'électricité qu'ils portent naturellement en vertu des différences de niveau potentiel qui doivent exister entre eux, soit de l'électricité libre qu'on peut leur communiquer. Les calculs auxquels conduit l'emploi de cette méthode ne présentent aucune difficulté, mais leur longueur et leur complication ne me permettent pas de les communiquer ici. Renvoyant donc pour le détail des démonstrations à un Mémoire qui sera prochainement publié, je demande seulement la permission d'exposer brièvement les résultats de mon analyse.

On considère, en général, la surface libre d'un conducteur électrisé comme soumise en chaque point à une tension électrique qui a pour valeur

$$2\pi\varepsilon\Delta^2$$

Δ étant la densité de l'électricité libre au point considéré, et ε la constante qui figure dans la loi de Coulomb : $F = \varepsilon \frac{qq'}{r^2}$. Je montre que l'expression complète de cette tension est

$$\frac{aQ}{M} + b\Delta + 2\pi\varepsilon\Delta^2$$

M étant la masse du corps, Q la quantité d'électricité que porte sa surface libre, et a et b deux constantes qui dépendent de la nature du corps. C'est seulement pour les corps de très grandes dimensions, chargés à un potentiel très élevé par rapport à leurs dimensions, que cette tension se réduit à la valeur habituellement reçue.

D'après la théorie de la capillarité, la surface de séparation de deux fluides de densité ρ et ρ' est donnée par l'équation aux dérivées partielles

$$A\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) + (\rho' - \rho)\, g\, z = \text{constante}$$

A dépendant uniquement de la nature des deux fluides.

M. Lippmann a énoncé, comme conséquence de l'expérience, que A dépendait de la différence électrique à la surface considérée. Pour les corps conducteurs, mon analyse, confirmant les anciennes manières de voir, montre que A dépend uniquement de la nature des deux fluides en contact, et nullement de leur état d'électrisation. Il n'y a donc pas de phénomènes électrocapillaires pour un système formé uniquement de fluides conducteurs sur lesquels l'électricité est en équilibre.

Si un pareil système est traversé par des courants permanents, la surface de séparation de deux fluides satisfait à l'équation aux dérivées partielles

$$A\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right) + (\rho' - \rho)\, g\, z = C + C'\, i + C''\, i^2$$

A dépendant uniquement de la nature des deux fluides en contact, et i étant le flux électrique normal à la surface au point considéré. Grâce à la forme du second membre, on trouve que de semblables systèmes présentent des phénomènes analogues à ceux que présente l'électromètre capillaire dans le cas de l'équilibre électrique.

L'électromètre capillaire renferme un électrolyte. La surface de séparation d'un conducteur et d'un électrolyte satisfait à l'équation aux dérivées partielles

$$A\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) + (\rho' - \rho)\, g\, z = F$$

A dépendant encore uniquement de la nature des deux fluides en contact, et non de leur état d'électrisation, F au contraire ayant la même valeur en tous les points de la surface, mais dépendant de la forme et de la nature des fluides qui composent ce système, et de la *différence de niveau potentiel entre les conducteurs séparés par des électrolytes.* Le défaut de connaissances sur la distribution qu'affecte l'électricité sur un électrolyte ne permet pas de connaître entièrement la forme de cette quantité F, dont la présence explique les phénomènes électrocapillaires.

En résumé, les phénomènes électrocapillaires seraient dus, non pas à une variation de la constante capillaire de Laplace avec l'électrisation du système, mais à l'introduction dans l'équation de Laplace de termes nouveaux qui dépendent de cette électrisation.

Galvanomètre à grande sensibilité de J. Kollert

Le nouveau galvanomètre dont nous voudrions donner une idée, et dont la sensibilité est de même ordre que celle des instruments les plus délicats du même genre, est une modification du galvanomètre de Rosenthal, qu'on peut faire remonter lui-même à la forme de galvanomètre employée, pour la première fois, croyons-nous, par MM. Gray.

Comme le montre la figure schématique (fig. 2),

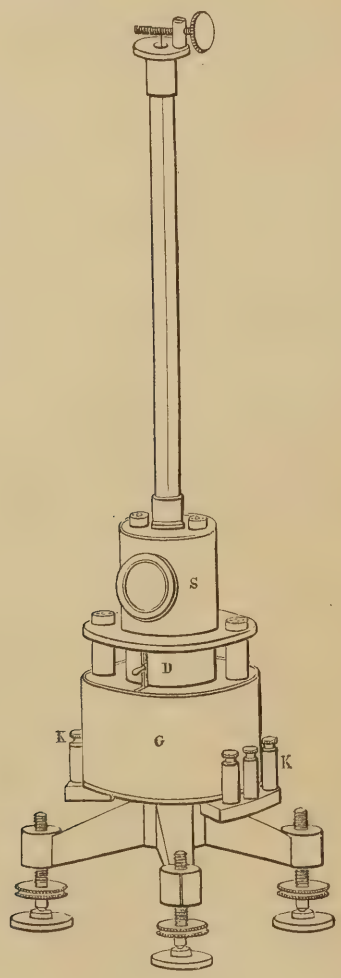


Fig. 7.

il se compose essentiellement d'un équipage astatique suspendu à un fil de cocon, et formé de deux aiguilles en arc de cercle, reliées entr'elles, de manière à osciller dans un même plan horizontal.

Sur les quatre pôles de ces aiguilles, agissent quatre petites bobines reliées en série, et naturellement de manière à ce que leurs actions s'ajoutent.

Avec cette disposition, on a l'avantage de placer les tours de fil le plus près possible des pôles des aiguilles; en outre, avec un pareil système, il est facile de voir que les actions magnétisantes des bobines sur chaque aiguille se détruisent, en sorte que des variations du moment magnétique provenant du courant lui-même ne sont pas à craindre.

Chaque bobine renferme 4000 tours de fil d'environ 1/18 de millimètre; le diamètre extérieur de l'enroulement est de 1,25 c. m., le diamètre intérieur étant de 0,35 c. m., et l'épaisseur des bobines de 0,77 c. m.; la résistance totale des quatre bobines est de 4550 ohms environ.

Les bobines sont montées deux à deux sur des

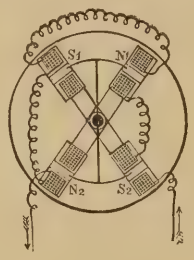


Fig. 2.

bras, dont on peut faire varier l'angle, normalement, cet angle est de 72 degrés.

Les aimants, formés d'une pièce de ressort de montre, et très légers, embrassent environ 60 degrés chacun; leur rayon est de 3 centimètres; la monture qui les relie est aussi légère que possible; elle porte en outre un amortisseur de Toepler, à ailettes de mica, placée dans la partie D (fig. 1) et un miroir, en S.

Il est facile de calculer à l'avance la sensibilité d'un pareil système, (avec certaines restrictions bien entendu); en supposant que les pôles des aiguilles correspondent aux milieux des bobines, on trouve pour la valeur du moment de rotation :

$$D = 30{,}426\, I\, (M_1 + M_2)$$

I étant la densité du courant par c. m.^{2} de section, (dans ce cas c'est 5800 fois l'intensité), et M_1 et M_2 les intensités des pôles des aiguilles; toutes les mesures sont prises dans le système C. G. S.

Le moment directeur est égal, pour cette même position à :

$$\Delta = H\, l\, (M_1 - M_2)$$

l étant le bras de levier des aiguilles, et H la comparante horizontale du magnétisme terrestre.

Pour de très petits angles on aura :

$$\sin \alpha = \frac{D}{\Delta} = 53{,}379\ I \frac{M_1 + M_2}{M_1 - M_2}$$

en introduisant pour l et H leurs valeurs (3 centimètres ; 0,19).

Il faut donc déterminer le rapport $\frac{M_1}{M_2}$, on peut le faire très facilement, par l'expérience, en envoyant chaque fois le courant dans une seule paire de bobines ; le rapport des déviations donne le rapport des intensités des pôles.

On trouve finalement

$$M_1 : M_2 = 38{,}5 : 32{,}5$$

ce rapport indique que l'on est encore très loin de l'astatition complète.

Pour une distance de l'échelle égale à 1355,4 divisions, un courant de $\frac{1}{10^9}$ amp. ($I = 0{,}00000058$ correspondrait à une déviation de une division ; l'expérience directe est conforme à ce résultat. En réalité, il est préférable de ne pas avoir les pôles au centre des bobines, la proportionnalité est plus étendue, si l'on s'écarte un peu de cette position ; la sensibilité diminue alors légèrement, mais il est possible d'atteindre des déviations de 5 degrés avec une proportionnalité suffisante.

D'après les chiffres que nous avons donnés, la sensibilité de l'instrument, 1 division pour 10^{-9} ampère quoique déjà remarquable pour une résistance de 4500 ohms seulement, n'a cependant rien d'extraordinaire, mais on peut remarquer aussi que dans ces conditions, on est bien loin de la sensibilité maxima que l'on puisse obienir ; l'astatisation est très loin de la limite pratiquement réalisable ; en effet la période d'oscillation simple d'oscillation avec ces données n'est que de 15 secondes, rien n'empêcherait d'après l'auteur de la porter à 1 minute, ce qui correspondrait pour $(M_1 - M_2)$ à une valeur 16 fois plus petite ; M_1 et M_2 ayant la même valeur moyenne, le nombre de mérite serait alors de $1{,}6\ 10^{-10}$.

Cette grande sensibilité, jointe à une apériodicité très satisfaisante permettent d'employer ce galvanomètre pour toutes les recherches d'électrophysiologie ; pour l'étude des courants thermoélectriques, il conviendrait d'après l'auteur de n'utiliser dans chaque bobine qu'une partie des tours de fil, les plus voisins du centre, en disposant pour cela des bornes spéciales.

E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Une pile sèche. — M. Shellford Bidwell a construit un élément voltaïque dans lequel l'électrolyte est en peroxyde de plomb. Les plaques sont en plomb et en sodium, entre lesquelles on

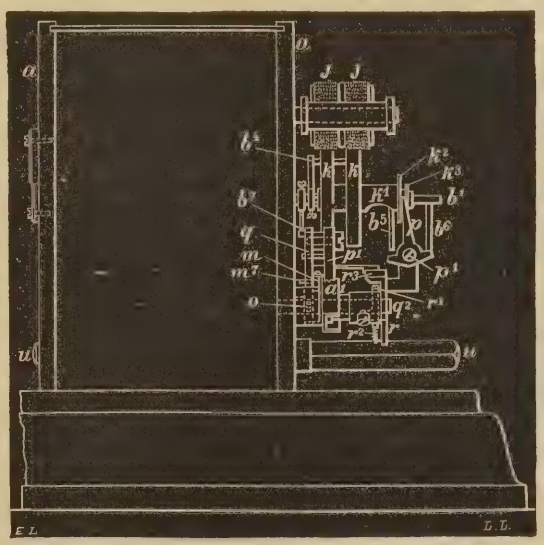


Fig. 1.

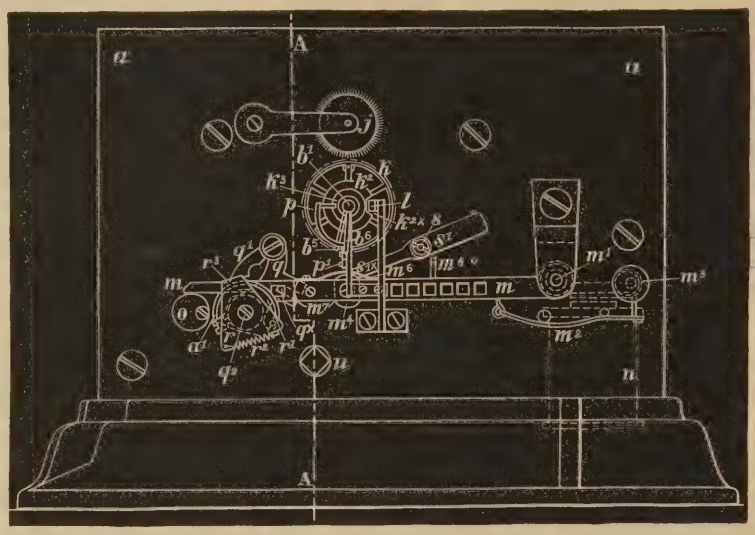
place le peroxyde de plomb, soigneusement séché. Un courant comparativement puissant passe du sodium au plomb.

Le télégraphe de la Bourse, de M. Higgins. — Ainsi que nous l'annoncions dans une précédente lettre, nous parlerons aujourd'hui du nou-

vel appareil imprimeur de M. Higgins, adopté par la Compagnie du télégraphe de la Bourse.

Cet appareil, qui est représenté dans les dessins ci-après, se compose d'un mouvement d'horlogerie qui actionné par la descente d'un poids, fait tourner les roues des types et avancer le papier.

Toutefois, le fonctionnement de ce mécanisme est subordonné à l'action des courants de ligne, qui permettent aux roues des types d'avancer graduellement et de s'arrêter pour l'impression. Réglés par les clefs du transmetteur, ces courants intermittents font agir, à l'aide d'électro-aimants, un échappement en relation avec les roues des types et obligent ces dernières à imprimer la dépêche.



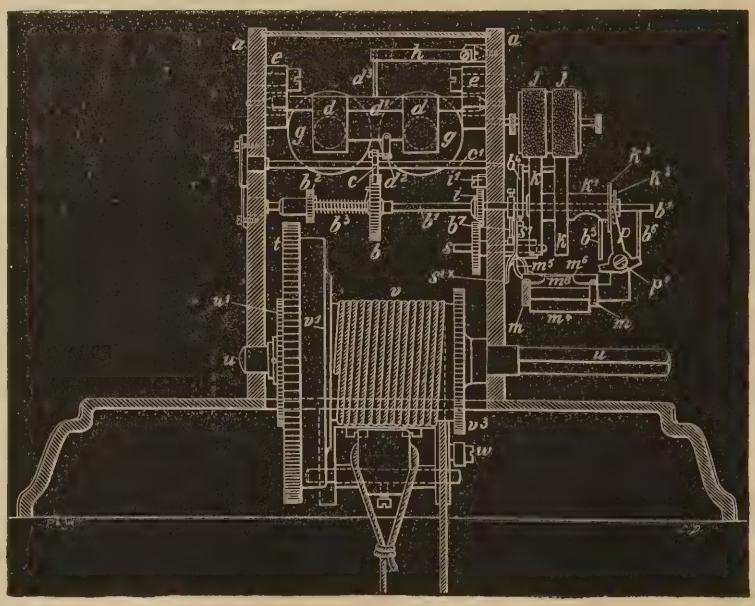


Fig. 2.

La figure 2 est une vue en élévation longitudinale de l'appareil;

La figure 1 est une vue de bout;

La figure 3 en est une coupe verticale et transversale faite suivant les lignes A A de la figure 2;

La figure 4 en est une vue en plan.

Le bâti de l'appareil est représenté en *a a*. Une roue d'échappement *b* est fixée sur l'axe *b'*, et un pignon denté b^2 est monté fou sur le même axe; mais le mouvement de ce pignon est limité par des arrêts, de telle sorte qu'il ne peut accomplir que la valeur d'environ une demi-révolution.

Un ressort à boudin b^3 relie le pignon b^2 avec la roue d'échappement *b*. L'ancre *c* de l'échappement est montée sur l'axe *c'*.

Les figures 5 et 5* sont des vues de détail de la roue d'échappement et de l'ancre.

Les surfaces d'arrêt b^* des dents de la roue d'échappement sont à peu près dans le sens du rayon de cette roue, de même que les surfaces correspondantes c^* de l'ancre, lorsqu'elles se rencontrent avec celles des dents de la roue. Les arêtes opposées b^{**} et c^{**} sont taillées de façon à permettre la rotation de la roue, et les bords obtus de l'ancre, entre les arêtes c^* et c^{**}, sont conformés de manière à pouvoir s'échapper facilement des dents de la roue d'échappement.

L'armature de l'électro-aimant, de laquelle dépend l'avancement de la roue des types, est représentée en *d d* (fig. 3); elle se compose de deux plaques de fer doux reliées par une traverse

en laiton d'. Ces plaques dd portent des prolongements cylindriques de chaque côté, lesquels forment pivot et pénètrent dans des pièces de fer doux ee, lesquelles sont placées entre les pôles des aimants en fer à cheval ff (fig. 4).

Les courants intermittents du fil de ligne se transmettent par les bobines $gggg$ (fig. 3 et 4) d'un électro-aimant multiple et donnent à l'armature dd un mouvement oscillatoire d'une rapidité correspondante, qui se communique par l'extrémité fourchue d'un bras d^2 (fig. 3 et 5) à un goujon fixé sur l'ancre d'échappement c, et agit de façon à faire tourner d'une manière intermittente la roue b, et, par suite, la double roue des types kk.

Au-dessus de l'armature dd se trouve une petite tige d^3 qui joue entre deux ressorts hh (fig. 4). Une roue à rochet i (fig. 3) est montée sur l'axe de la roue d'échappement et a pour objet d'empêcher le recul à l'aide d'un cliquet i' qui s'engage dans les dents de cette roue.

Des rouleaux encreurs jj (fig. 3) sont montés au-dessus des roues des types kk, qu'ils sont appelés à encrer; celles-ci sont montées fixes sur un manchon k', qui peut glisser librement sur l'axe b'. Cet axe porte un bras b^4, muni d'un goujon qui pénètre dans un trou pratiqué dans l'une des roues des types k et oblige ces dernières à tourner avec l'axe.

Le manchon k' porte à une de ses extrémités deux rondelles k^2 et k^3; la première sert, concurremment avec un arrêt fixe l, à empêcher les roues à caractères de glisser sur l'axe, sauf lorsque ce mouvement doit avoir lieu.

Un levier imprimeur m, monté sur un axe m', est pourvu d'un bras portant une armature en face des pôles de l'aimant imprimeur n. Le ressort m^2, qui peut être réglé au moyen de l'excentrique m^3, sert à abaisser le levier imprimeur et à le maintenir dans la position représentée figure 1, contre l'arrêt o. L'attraction de l'aimant n, suffisamment prolongée, surmonte l'action du ressort m^2 et appelle le levier imprimeur jusqu'à ce que la bande de papier que supporte le rouleau m^4 entre en contact avec la lettre qui s'offre à l'impression à la partie inférieure de la roue des types.

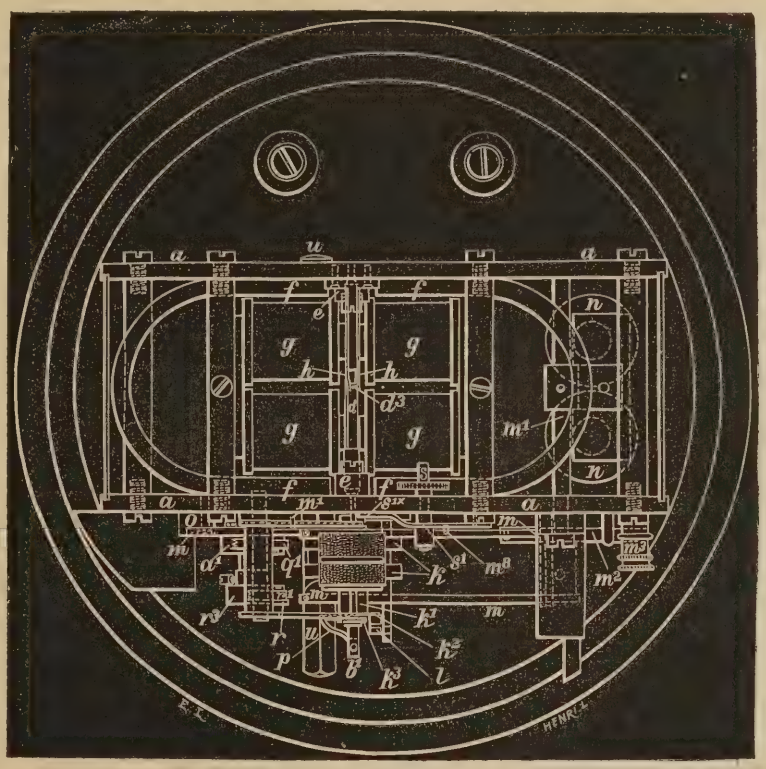


Fig. 4.

Un levier à trois branches p est monté sur le levier imprimeur; il a son centre d'oscillation en p'. L'une des branches de ce levier est pourvue d'un goujon qui pénètre entre les rondelles k^2 et k^3 que porte le manchon de la roue des types. Les branches plus courtes du levier p sont disposées de façon à rencontrer les tiges b^5 et b^6 que porte l'axe b', à la condition que cet axe se trouve dans la position voulue au moment où le levier imprimeur s'élève. Ces tiges ne sont pas dans le même plan : l'une est en avance d'un pas sur l'autre. Si le levier imprimeur s'élève lorsque la tige b^6 est en position pour agir, les roues des types sont repoussées extérieurement sur leur axe; mais si, à ce moment, le levier imprimeur s'élève de nouveau et rencontre la tige b^5, les roues des types sont rappelées intérieure-

ment dans la position représentée figure 3. Mais ces mouvements ne peuvent avoir lieu que lorsque

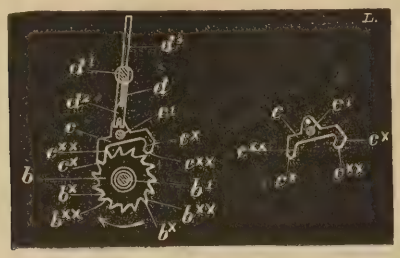


Fig. 5 et 5 *bis*.

l'échancrure k^2 (fig. 1), que porte le disque k^2, coïncide avec l'extrémité de la saillie fixe l.

Lorsque le levier s'élève pour déplacer les roues des types, une saillie m^5, que porte le levier imprimeur m, entre en contact avec un bras l^7, monté sur l'axe b' et empêche le levier imprimeur d'atteindre l'extrémité de sa course, de sorte que la bande de papier ne peut entrer en contact avec les roues des types.

Une plaque m^6 est fixée sur le levier imprimeur, de façon à laisser cheminer au-dessous d'elle la bande de papier qui, de là, passe entre le cliquet q' du levier q oscillant sur l'axe q^2, fixé au bâti, et une surface semi-cylindrique a' venue de fonte avec le bâti,

Le goujon m^7, que porte le levier imprimeur, s'engage dans une échancrure q^* pratiquée dans le levier q, de sorte que les deux leviers se meuvent simultanément. Une plaque fixe r est montée à l'extrémité de l'axe q^2; cette plaque porte un cliquet r' qui, sollicité par un ressort r^2, saisit le papier légèrement entre les dents dont il est pourvu et une bride r^3 que porte la plaque r.

Le mouvement d'horlogerie, qui est de construction ordinaire, n'est pas entièrement représenté sur les figures. Un de ses axes, représenté en s (fig. 3), fait un tour, tandis que l'axe b' en fait seize. Un bras s' est monté sur l'axe de telle sorte que ce dernier l'entraîne par frottement dans son mouvement rotatoire; mais, chaque fois que le levier imprimeur s'élève, le goujon m^8, dont il est pourvu, butte contre le bras s' et le fait basculer, de façon que son extrémité opposée se trouve à proximité des roues des types. Pendant que le levier imprimeur est momentanément inactif, le bras s' s'élève jusqu'à ce que la saillie s'^* se rencontre sur le passage du bras b^7 dans son mouvement avec les roues des types; celles-ci s'arrêtent alors et ne recommencent à tourner que lorsque le levier imprimeur fonctionne de nouveau.

La roue principale du mouvement d'horlogerie est représentée en t; elle est reliée par un cliquet avec une roue à rochet u' fixe sur l'axe u, qui porte, en outre, une roue dentée u_2. La corde supportant le poids chargé de faire mouvoir le mécanisme est enroulée sur le tambour v, portant un disque v' sur lequel sont fixées des roues dentées v^2 v^2 engrenant avec la roue u^2. Ces mêmes roues engrènent, en outre, avec des goujons t^2 que porte la roue principale. Ces divers engrenages ont pour objet de maintenir la force motrice pendant que l'on remonte le poids. Une montée à l'autre extrémité du tambour v et un cliquet w' servent à arrêter l'enroulement, sans tendre la corde, lorsque le poids est entièrement remonté.

Les dépêches imprimées par cet appareil sont d'une netteté remarquable.

J. Munro

États-Unis

Résurrection d'un soi-disant ancien téléphone. — Dans son numéro 44, du 30 octobre dernier, *La Lumière Électrique* signalait brièvement le grand procès intenté par le gouvernement des Etats-Unis à la compagnie Bell, sous prétexte que la patente Bell aurait été obtenue par fraude.

Ce procès est venu, le 20 septembre dernier, devant les tribunaux de l'Ohio, à Cincinnati; mais, après des débats qui ont duré plusieurs semaines, la Cour de l'Ohio s'est déclarée incompétente, se fondant sur ce que le siège de la compagnie Bell ne se trouve pas dans sa juridiction. Si donc le gouvernement entend poursuivre cette action, il devra la présenter devant les tribunaux du Massachusetts, où se trouve le siège principal de la compagnie.

Cette affaire a appelé l'attention sur un nouveau système de téléphone basé sur une ancienne patente de Royal E. House, l'inventeur bien connu du premier télégraphe imprimant les dépêches avec des caractères typographiques. Cette patente date déjà de 1868. Le nouveau téléphone auquel elle a donné naissance est représenté assez clairement sur la figure 7 ci-après pour que nous nous dispensions de toute description. Nous

nous bornerons à faire remarquer que le mouvement de l'armature est limité par les vis d'arrêt fixées au levier coudé qui appuie contre le diaphragme.

En raison de l'importance que donne à ce nouveau système l'action en instance, il ne sera pas

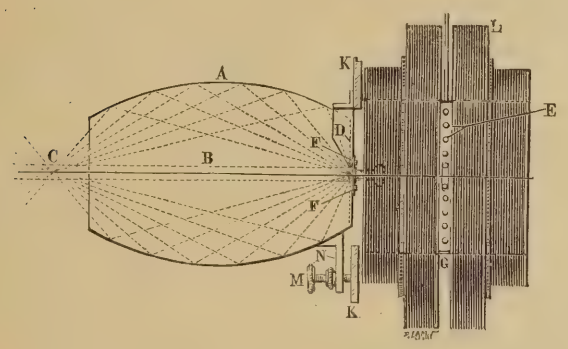


Fig. 1

sans intérêt pour les lecteurs de ce journal, de prendre connaissance de la patente originale et des dessins qui en accompagnaient la description.

L'inventeur désignait son appareil sous le nom de *récepteur électro-phonétique*. Les dessins ci-après, qui sont la reproduction de ceux que l'auteur avait joints à sa demande de patente, étaient accompagnés de la description suivante :

La figure 1, est une vue longitudinale du transmetteur et de la bobine avec leurs accessoires ;

La figure 2 est une coupe horizontale de la figure 1 ;

La figure 3 est une vue en coupe de la bobine

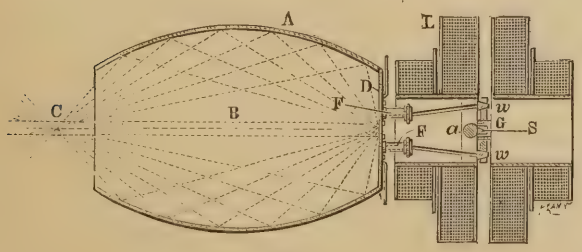


Fig. 2

la plus rapprochée des aiguilles du côté du transmetteur ;

La figure 4 est une vue de bout du transmetmetteur ;

La figure 5 est une élévation latérale d'un transmetteur à électro-aimant avec ses accessoires ;

La figure 6 est un diagramme indiquant la manière de déterminer, par l'action de la lumière, la courbe intérieure du réflecteur pour toute longueur et tout diamètre donné.

Nous cédons maintenant la parole à l'inventeur et reproduisons textuellement le mémoire descriptif qui accompagnait sa demande de brevet.

« Les caractères distinctifs de mon invention se résument dans les trois particularités suivantes :

« 1° Le transmetteur est combiné de façon à régler l'intensité des sons, à l'augmenter par simple réflexion au degré le plus convenable pour l'oreille de l'opérateur, ce qui promet d'obtenir une plus grande netteté des sons émis ;

« 2° La boussole est construite de manière à

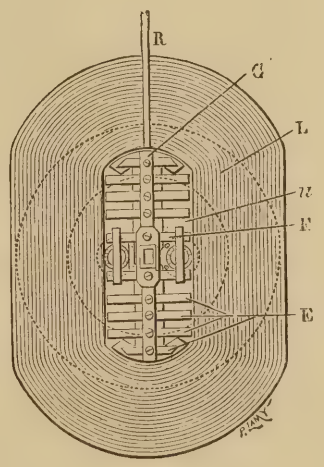


Fig. 3.

mettre une plus grande longueur de fil isolé à proximité immédiate de la force magnétique permanente qui sollicite l'aiguille pour la faire dévier par le passage d'un courant électrique dans le fil isolé de la bobine avec plus de succès qu'on n'avait pu le faire jusqu'ici ;

« 3° La force magnétique permanente qui tend à faire dévier l'aiguille, augmente proportionnellement à la masse de la matière employée pour cet objet ; cela me permet d'augmenter la puissance des mouvements de l'aiguille, de façon à produire des chocs suffisamment rapides et puissants en limitant considérablement l'étendue des mouvements de l'aiguille.

« Le transmetteur A (fig. 1, 2, 4 et 5) se com-

pose d'un réflecteur B, ayant à peu près la forme d'un tonneau fermé à une de ses extrémités par une plaque vibrante D, sur laquelle sont fixés des butées F F ou F′ F² réglables à volonté, et ayant pour but de limiter le mouvement de l'armature H (fig. 5) d'un électro-aimant I, ou celui d'une rangée d'aiguilles fixées sur l'arbre G (fig. 1, 2 et 3).

« Dans la construction des réflecteurs destinés à accroître l'intensité du son par simple réflexion, comme c'est le cas dans le système actuel, il importe de pouvoir déterminer aisément la courbe exacte de l'intérieur d'un réflecteur d'une longueur et d'un diamètre quelconques.

« Étant donné que les lois de la réflexion du son correspondent à celles de la lumière, la forme particulière des parois du réflecteur, pour une longueur quelconque peut être déterminée par l'action de la lumière.

« Pour cela, j'emploie un certain nombre de

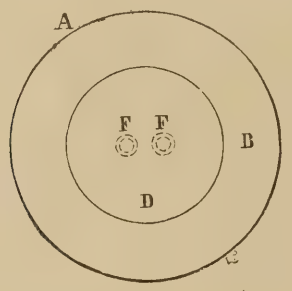


Fig. 4.

petits miroirs disposés comme l'indique la figure 6. L'œil s'applique au point de convergence C ; une bougie J est placée à égale distance de chacun des arrêts F F sur la plaque vibrante D ; sa lumière est réfléchie vers le point de convergence C par les miroirs 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 placés à des angles convenables, et détermine ainsi la position de chacun des points de la courbe, de façon à déterminer la forme d'un tracé comprenant la longueur entière et la moitié du diamètre du réflecteur B.

« Je construis alors le réflecteur en étain ou en toute autre matière convenable, en ayant soin de donner à l'intérieur la forme déterminée par le tracé. La plaque vibrante D peut être en bois, en verre ou en toute autre matière appropriée.

« J'emploie de préférence le bois de pin bien saturé de gomme-laque, et je donne à la plaque une épaisseur d'environ 6 millimètres (1/4 de pouce) et un diamètre de 20 centimètres, plus ou moins, selon le diamètre du réflecteur à l'extrémité duquel elle s'adapte.

« Les butées F F (fig. 1, 2 et 3) sont formées de tubes en laiton mince d'une longueur suffisante ; ils sont fixés à la plaque vibrante D et fermés aux extrémités qui doivent recevoir les chocs des aiguilles fixées sur l'arbre G.

« Le transmetteur ou tambour A est articulé à la boîte K K (fig. 1) qui contient la bobine L. La distance qui le sépare de cette boîte est réglée au moyen d'une vis M, passant à travers le bras N fixé au bas du tambour.

« Le réglage des butées F F (fig 1, 2 et 3), s'opère à l'aide de la vis M.

« Je vais maintenant donner la description

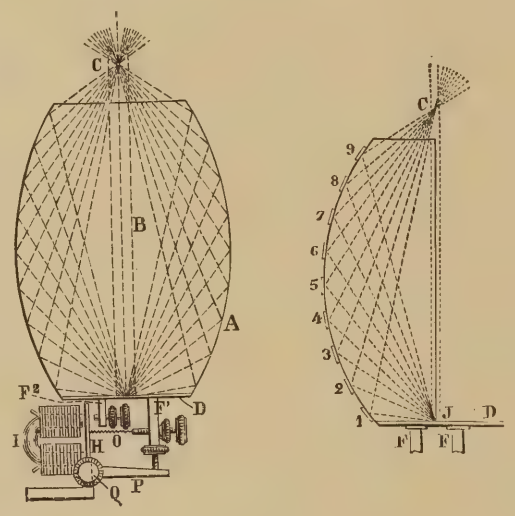


Fig. 5 et 6.

d'un autre mode d'emploi du tambour en combinaison avec l'électro-aimant récepteur d'une ligne télégraphique sans circuit local.

« L'expérience m'a démontré que lorsque la force de l'armature d'un aimant récepteur est dirigée sur les butées F′ F² qui en limitent le mouvement, il se produit un son distinct, même lorsque le courant n'est que juste suffisant pour produire le mouvement.

« Partant de ce principe, j'ai imaginé la disposition représentée figure 5, dans laquelle une des butées reçoit le choc à son extrémité, tandis que l'autre le reçoit sur le côté, ce qui a pour effet de rendre le son plus distinct. Cette méthode n'est pas nouvelle ; elle a été longtemps employée dans des circuits locaux où la force magnétique pou-

vait suffire sans l'emploi d'un tambour, pour augmenter l'intensité du son.

« La figure 5 représente une combinaison de l'ancienne disposition, avec réflecteur B et plaque vibrante D, pouvant être placée à demeure sur le châssis qui renferme l'électro-aimant I, dont l'armature H est pourvue d'un ressort ajustable O et d'un bras fixe P. Lorsque l'électro I est excité, l'armature H met le bras fixe P en contact avec l'extrémité de l'arrêt F ; mais lorsqu'il cesse d'être excité, le ressort O met l'extrémité de l'armature H en contact avec le côté de l'arrêt F^2.

« Pour l'établissement d'un champ magnétique permanent que j'ai désigné par la lettre E dans les figures 1 et 3, j'emploie des pièces d'acier fondu de bonne qualité, d'épaisseur et de longueur convenables, pour retenir en permanence une quantité d'aimantation qui augmente proportionnellement au poids de l'acier employé pour cet objet. Je multiplie le nombre de ces morceaux d'acier à volonté, et, dans tous les cas, jusqu'à atteindre un poids suffisant pour obtenir des sons distincs, en arrêtant le mouvement de ces pièces contre les extrémités des arrêts F F figures 1, 2 et 3, et en ne leur donnant qu'un mouvement très limité soit, par exemple 0,00025 m. (1/100 de pouce). Ces pièces sont disposées avec des pôles semblables côte à côte et séparées de telle sorte que chaque aiguille conserve toute sa force d'aimantation. Ainsi disposées, elles sont fixées sur l'axe oscillant G, figures 1, 2 et 3, percé d'un trou et pourvu de vis de butée pour chaque aiguille.

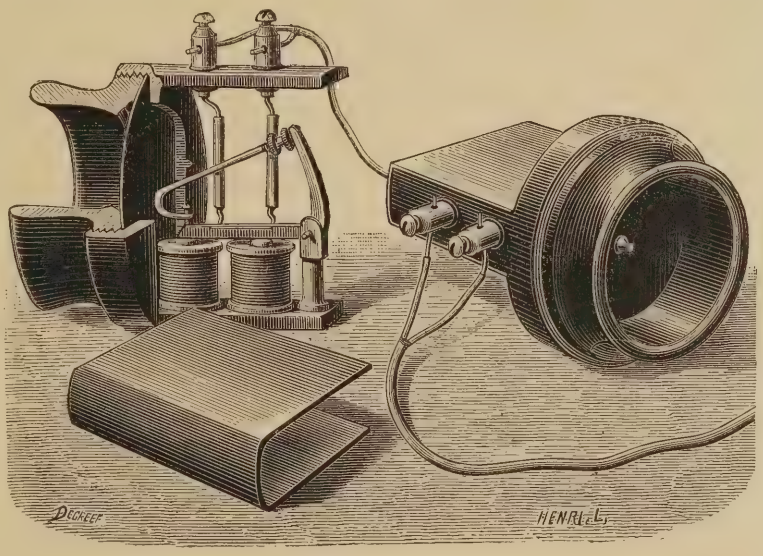


Fig. 7

« La distance entre les aiguilles peut être déterminée par des calculs basés sur la déviation d'une aiguille de compas ordinaire, placée à une certaine distance, et dans une position convenable par rapport aux pôles de deux ou plusieurs aiguilles aimantées disposées parallèlement avec leurs pôles semblables à côté l'un de l'autre, mais de telle sorte que l'on puisse augmenter ou diminuer la distance qui les sépare. L'expérimentateur doit avoir soin de noter les déviations de l'aiguille du compas, aux diverses distances auxquelles les aiguilles aimantées se meuvent, et adopter la distance à laquelle l'aiguille du compas a montré qu'elles possédaient une charge maxima d'aimantation permanente.

« On peut augmenter le nombre des aiguilles selon la longueur et l'isolement de la ligne télégraphique sur laquelle elles sont employées. Lorsqu'elles doivent s'appliquer à une ligne de longueur et de construction ordinaires, le nombre qu'indique le dessin donne de bons résultats. Mais si l'on doit les appliquer à une ligne télégraphique sous-marine d'une grande longueur, pour laquelle il importe d'avoir une sensibilité excessive, il faut augmenter proportionnellement leur nombre.

« L'axe G doit être supporté de telle sorte qu'il puisse osciller librement sans vibration. J'ai obtenu ce résultat d'une manière parfaite en plaçant l'axe verticalement et en le suspendant à un appareil à torsion, agissant comme un ressort, et dont le degré de torsion peut être réglé suivant les exigences du courant d'une ligne télégraphique.

« Le mode d'attache à l'appareil à torsion consiste à relier l'extrémité inférieure de ce dernier avec l'extrémité supérieure du fil R (fig. 3), lequel est fixé au sommet de l'axe G. Cette disposition nécessite l'emploi d'un agencement qui permette d'éviter tout frottement, afin que l'axe d'oscillation des aiguilles passe toujours par le centre de l'ouverture de la bobine L. J'ai fait à cet

effet porter l'axe C par une lame de couteau S (fig. 2 et 3), fixée dans une ouverture de l'axe G sur un coussinet pratiqué dans le bras U fixé dans la bobine L.

« La force nécessaire pour maintenir le couteau contre le coussinet, peut être augmentée en écartant le point de suspension de la verticale dans une direction opposée aux butées et diminuée en agissant en sens contraire. Il importe, dans tous les cas, qu'elle soit réglée de façon à produire l'effet voulu sans diminuer la sensibilité du jeu du couteau dans son support.

« Je vais maintenant décrire le moyen de remédier à une difficulté qui se présentait dans une disposition brévetée antérieurement, dans laquelle l'aiguille de l'appareil avait une certaine tendance à adhérer légèrement aux butées destinées à limiter son mouvement, lorsqu'elles entraient en contact avec les parties aimantées de l'aiguille; cela avait pour effet de diminuer la sensibilité de cette dernière, surtout lorsqu'on opérait sur une ligne télégraphique ayant une grande perte de courant. Cet inconvénient disparaît dans mon système, grâce à l'interposition des plaques *w* en métal non magnétique fixées à chaque extrémité des deux aiguilles les plus rapprochées du centre sur l'axe G.

« La bobine L des aiguilles est percée en son centre, d'une ouverture dont la forme et la dimension dépendent de la longueur, de la grosseur et du nombre des aiguilles disposées parallèlement l'une à côté de l'autre, à une distance suffisante l'une de l'autre pour que chacune d'elles conserve toute sa force magnétique (fig. 3).

« Dans les boussoles employées jusqu'à ce jour dans les télégraphes, l'ouverture centrale a une forme oblongue; l'aiguille est placée au centre, ses pôles étant parallèles aux côtés oblongs de l'ouverture, et à angle droit de l'axe de la bobine.

« La quantité de fil d'une épaisseur déterminée employée dans l'établissement de ces bobines est basée sur la longueur et l'épaisseur d'une aiguille simple ou composée.

« Dans mon système, les pôles et intervalles qui séparent les aiguilles sont à angle droit sur les côtés de l'ouverture oblongue et à angle droit sur l'axe de la bobine, comme on le voit figure 3.

« La quantité de fil d'une épaisseur déterminée employée dans ces bobines, dépend du nombre, de l'épaisseur et de la longueur des aiguilles, ainsi que de l'espace réservé à chacune d'elles.

« Il en résulte que la longueur du fil employé dans la construction de mes bobines, augmente avec le nombre des aiguilles et des espaces réservés entre elles. »

Un nouvel indicateur de niveau d'eau pour chaudières. — *La Lumière Électrique* a décrit, au mois d'octobre dernier, une méthode ingénieuse pour indiquer que le niveau de l'eau, dans une chaudière, est descendu au-dessous d'un certain point.

Cette méthode, inventée par M. John J. Ghegan,

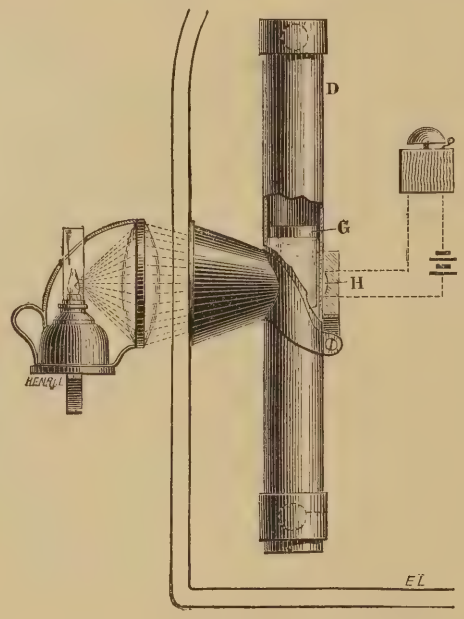


Fig. 8.

consiste à placer à l'intérieur du tube du niveau d'eau, un morceau de fer qui agit sur une aiguille aimantée dans le voisinage du tube. Quand l'eau baisse au-dessous d'un certain niveau, la déviation de l'aiguille ferme un circuit électrique qui comprend une sonnerie.

M. Ghegan a, depuis, imaginé une nouvelle disposition tout aussi ingénieuse, et dans laquelle il se sert du sélénium. On sait que ce métal possède la propriété de changer de résistance électrique, sous l'influence de la lumière, de sorte que sa résistance diminue considérablement, quand on le transporte de l'obscurité dans la lumière.

La figure 8 montre la manière dont l'inventeur a réalisé son idée dans la pratique; une lampe est

attachée à un des côtés d'un tube à niveau en verre, de sorte que les rayons sont concentrés au moyen d'une lentille, sur une lame de sélénium H, de l'autre côté du tube; un morceau de liège ou de bois flotte sur l'eau, de telle façon que, quand celle-ci est à sa hauteur normale, les rayons de la lampe sont interceptés avant d'arriver au sélénium. Ce dernier est en circuit avec une pile et une sonnerie, et, dans ces conditions, sa résistance est trop élevée pour que le courant puisse faire marcher la sonnerie. Quand l'eau baisse dans le tube, le morceau de liège descend également, et les rayons lumineux viennent frapper le sélénium. Il en résulte que la résistance de ce dernier diminue, et le courant devient assez puissant pour faire fonctionner la sonnerie qui avertit le gardien.

L'utilité pratique de cet appareil n'est cependant pas tout à fait démontrée, car bien que la résistance du sélénium diminue *relativement* d'une façon considérable, elle reste néanmoins très élevée, même si le métal est exposé à la lumière.

Le relais télégraphique Conklin. — Par des temps humides, la force d'attraction des électros du relais télégraphique ordinaire, est souvent insuffisante pour vaincre la résistance du ressort antagoniste à cause des pertes de courant.

Le relais, par conséquent, ne fonctionne pas en harmonie avec la clef de transmission de l'autre station, tout en correspondant avec la clef de la station où se trouve la pile de la ligne. Pour remédier à cet inconvénient, M. Joseph J. Conklin junior de Brooklyn N. Y. a imaginé un relais dans lequel le courant faible est renforcé, pour ainsi dire, au commencement de chaque attraction de l'armature, au moyen d'un ressort supplémentaire qui n'agit que sur une partie limitée du mouvement de l'armature. Le dispositif ne présente cependant aucune résistance au rappel instantané de l'armature par le ressort antagoniste ordinaire, jusqu'au moment où l'armature est hors de contact.

L'appareil est représenté sur la figure 9, et se compose d'un relais ordinaire muni du ressort supplémentaire C, qui porte contre la tige D, attachée à l'armature A. Quand le courant ne passe pas ou bien pendant les interruptions, l'armature s'appuie contre la vis d'arrêt supérieure. Le ressort C est alors tendu et pousse l'armature vers les électros au moyen de la tige D. Quand les électros sont excités, le ressort aide à vaincre l'inertie de l'armature et la tension du ressort antagoniste *a* et il suffit d'un faible courant pour que l'appareil fonctionne bien. Après avoir aidé à mettre l'armature en mouvement, l'extrémité du ressort supplémentaire C vient en contact avec le support qui se trouve en face, de sorte que son action cesse presque au moment où l'armature arrive au contact d'avant.

A ce moment, l'armature se trouve si près des électros que la force d'attraction, quoique faible, suffit pour compléter son mouvement.

Le ressort antagoniste *a* agit maintenant avec toute sa force sur l'armature, avant et après l'interruption suivante de courant et sa force antagoniste suffit pour retirer l'armature et bander le ressort supplémentaire avant la prochaine fermeture du circuit, et ainsi de suite. Le ressort

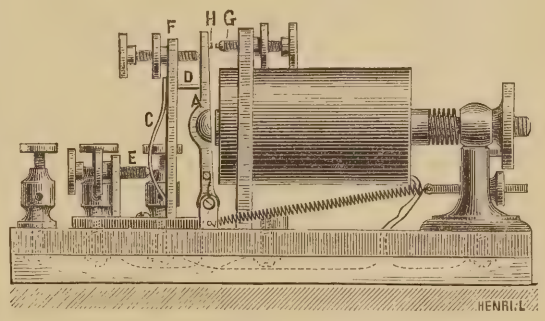


Fig. 9.

supplémentaire est réglé au moyen de la vis E, qui permet d'augmenter ou de diminuer à volonté son effet sur les électros ou contre le ressort antagoniste.

Il paraît que cette disposition augmente de beaucoup la sensibilité des relais, et facilite leur fonctionnement par les temps défavorables.

Les appareils téléphoniques de MM. Dann et Lapp. — Les abonnés au téléphone, à Rochester, dans l'État de New-York, ont protesté contre une augmentation du tarif, et 700 abonnés sur 900, ont proposé d'introduire un nouveau téléphone.

Le nouvel instrument a été inventé par MM. Dann et Lapp, qui ont surtout eu en vue d'empêcher les électrodes métalliques d'adhérer.

L'appareil est basé sur le principe bien connu, que les métaux, et surtout le fer, se dilatent sous l'influence d'un courant électrique; les inventeurs se sont servis de cette propriété, pour

obtenir, par des moyens mécaniques, la liberté de vibration voulue pour les électrodes.

L'instrument est représenté sur les figures 10 et 11. Le diaphragme A ne présente aucune origina-

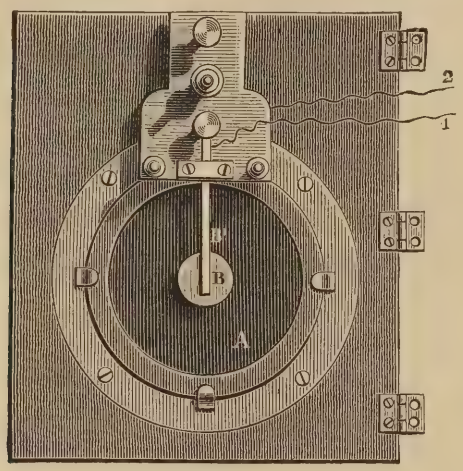


Fig. 10

lité de construction, et les deux électrodes B et C sont suspendues par des ressorts et reliés au circuit de la manière ordinaire.

La figure 12 représente la construction de la

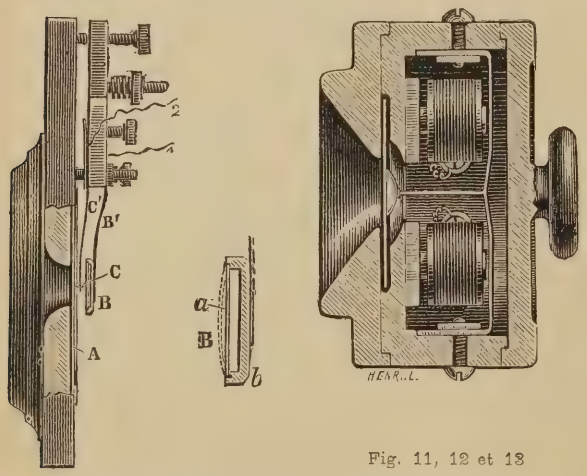


Fig. 11, 12 et 13

grande électrode B, qui se compose d'un disque mince en métal, *a*, en fer, et d'un support en laiton *b*, qui ne se dilate pas sensiblement, sous l'influence de l'électricité. Le support *b* est muni d'une entaille circulaire avec un rebord dans lequel le diaphragme s'adapte exactement. Cette dernière condition est indispensable, car l'action de la grande électrode dépend en grande partie de la dilatation de la partie centrale du diaphragme. Quand le diaphragme de l'électrode B est traversé par un courant, il se dilate, mais comme ses rebords sont maintenus fixes, le disque *a* forme un cône, et c'est ce changement de forme qui constitue le nouveau principe de l'appareil.

Le récepteur qu'on se propose d'employer, avec ce transmetteur, est représenté sur la figure 13. Il contient deux aimants en fer à cheval, dont les armatures sont reliées au moyen d'un ressort flexible en acier; au centre de ce ressort se trouve une tige en contact avec le milieu du diaphragme, et au moyen de laquelle les vibrations des armatures sous l'influence du courant sont transmises.

J. Wetzler.

VARIÉTÉS

Le procès Bell en Amérique

Les lecteurs de *La Lumière Électrique* n'ignorent pas les nombreux procès que la compagnie Bell a dû intenter pour la défense de ses patentes et de ses droits. Des sommes fabuleuses ont été dépensées pour cela en pure perte. On trouvera peut-être l'expression exagérée; mais si la justice avait été le mobile, l'unique objectif des parties, il faut reconnaître qu'au moins, dans le plus grand nombre des cas, on aurait pu éviter des frais énormes et des mois d'études laborieuses.

Il semble qu'il y ait une sorte d'arrière-pensée communiste au fond de tous les agissements des détracteurs de Bell. Tantôt « c'est une priorité » que l'on invoque; puis c'est un « appareil meilleur » que l'on prétend mettre en évidence; aujourd'hui, « Bell aurait frustré Gray, et l'aurait dépouillé, de connivence avec le Patent-Officice, grâce à la trahison de ce dernier »; puis « il n'y aurait pas de courant ondulatoire », de sorte que toute personne pouvant produire un téléphone qui est supposé fonctionner par interruption et fermeture successive du courant, ne serait nullement un contrefacteur de Bell; puis encore, c'est un système dans lequel on fait usage d'un condensateur; il n'y a donc pas contrefacon; enfin c'est un autre système dans lequel il n'y aurait pas de noyau dans l'aimant, d'où pas de contrefaçon, attendu qu'un solénoïde n'est pas un électro-aimant.

Quelle est la cause de cette persistance à vouloir entrer pour une part dans les affaires de la compagnie du téléphone Bell? C'est tout uniment

cette tendance innée chez l'espèce humaine à obtenir quelque chose pour rien, honnêtement si possible, mais à l'obtenir à tout prix.

Ceux qui veulent s'attaquer à un monopole légitimement acquis, n'hésitent pas, lorsqu'ils sont battus, à accuser de déloyauté les juges de la haute cour et à insinuer qu'ils sont capables de s'être laissés acheter et corrompre par ceux en faveur desquels ils ont rendu leur jugement.

L'histoire de l'un de ces procès dans lequel un nouveau « Tichborne » s'est trouvé aux prises avec la compagnie Bell, a montré que le seul et unique but de la partie adverse était de spéculer sur un soi-disant système « différent de celui de Bell, ou meilleur que le Bell, ou basé sur un principe inventé antérieurement au système Bell, etc., etc. », selon que tel ou tel de ces arguments paraissait mieux convenir sur le moment. L'espoir de cette combinaison était de vendre le système avant qu'une vague destructive vînt le réduire à néant; les promoteurs de l'idée se seraient alors esquivés au clair de la lune, après avoir empoché leurs bénéfices.

Les moyens employés pour mettre au jour quelques-uns de ces systèmes étaient ingénieux, comme on va le voir. Un agent des promoteurs se montrait ouvertement dans l'Est, développait son système, exhibait ses modèles, etc., et parlait d'intenter une action en opposition. Mais avant que l'affaire devînt sérieuse, une poursuite était intentée par les agents de Bell contre le système en question et l'affaire allait en appel. On obtenait ainsi un délai, et c'est tout ce que souhaitaient les promoteurs du nouveau système.

L'agent partait alors pour l'Ouest ou pour le Sud, dans un État quelconque, fondait une maison, ouvrait un magasin, en un mot, faisait tous les préparatifs nécessaires pour une exploitation, mais n'allait pas au delà. Aux jobards qui se présentaient pour acquérir le fonds il s'empressait de dire : « Vous n'avez rien à craindre ; les agents de Bell ne toucheront jamais à ce système. Ils *savent* que nous les battrons. Ils ont essayé de nous intimider dans l'Est, mais nous en avons appelé, et ils *savent* qu'en définitive ils seront battus. »

Pourquoi la compagnie Bell n'intente-t-elle pas dans ce cas de nouvelles poursuites ? C'est qu'elle compte que le premier procès aura certainement une issue avant qu'il y ait lieu d'en intenter un second, et que le jugement sera applicable aux deux cas, puisqu'il a trait à la même question.

L'entreprise la plus hardie qui ait été tentée à cet égard est celle où une compagnie a sollicité du gouvernement une enquête sur la validité des patentes Bell. L'enquête a été ordonnée, une action a été intentée dans l'Ohio et aussitôt les personnes que l'on pouvait raisonnablement considérer comme les auteurs de ce procès ont organisé des compagnies et émis des actions en opposition à celles de la compagnie Bell. On déclara ouvertement que les tribunaux des Etats-Unis étaient appelés à se prononcer sur la validité des patentes Bell et qu'ils n'accepteraient aucune poursuite contre le nouveau système, attendu que l'on n'ignorait pas que les patentes Bell sont illégales.

Ces espérances ont été déçues ; les tribunaux ont refusé d'entrer dans cette voie, partant de ce principe bien connu que l'accusé doit être considéré comme innocent jusqu'à preuve de culpabilité. Les millions de dollars qu'espéraient les adversaires de Bell se sont évanouis dans la fumée que cette décision a fait monter autour de leurs têtes comme une peu glorieuse auréole.

Dans le procès de l'Ohio, auquel il a été fait allusion ci-dessus, la compagnie Bell, dont les bureaux sont à Boston, par conséquent dans un autre Etat, a contesté au tribunal le droit de juger cette affaire comme n'appartenant pas à sa juridiction. L'affaire a été finalement rayée du rôle par les juges Gray et Lowell.

Le désappointement que cette décision causa à la partie plaignante fut extrême ; mais, comme l'affaire n'était repoussée que pour cause d'incompétence, elle doit venir de nouveau ces jours-ci devant les tribunaux du Massachusetts.

Mais ce procès a donné naissance à des actes réellement scandaleux : les deux juges dont nous avons parlé, qui sont des sommités du département judiciaire de l'Etat, sont accusés de corruption par certains journalistes.

Les promoteurs des divers systèmes d'opposition, pour faciliter le placement de leurs actions, en ont abandonné un certain nombre à quelques propriétaires de journaux en payement d'articles de réclame. Réduits par la décision du tribunal à l'impossibilité de réaliser ces actions, ces journaux sont depuis lors en proie à une sorte d'aberration mentale et se livrent à des accusations de déloyauté, de corruption, etc., contre une classe de

personnes auxquelles leur position seule commanderait l'équité, à défaut de toute autre considération.

Il y a des cas dans lesquels la Cour suprême des États-Unis pourrait trancher éventuellement la question; mais les rouages de ce tribunal fonctionnent si lentement qu'il est douteux qu'un verdict puisse être rendu avant l'expiration des patentes, et le jugement ne pourrait pas avoir d'effet rétroactif. On espère donc que l'action en instance devant la cour de Boston sera poussée activement et que la question sera réglée prochainement une fois pour toutes.

Dans toutes les affaires où, durant les dix dernières années, la compagnie Bell a été en procès avec des contrefacteurs, elle a eu gain de cause. Dans ces procès, qui ont été soutenus avec entêtement de la part des défendeurs, ces derniers ont appelé à la défense de leurs intérêts les personnalités les plus éminentes du barreau. On n'a ménagé ni les efforts ni l'argent pour épuiser la question sous toutes ses faces, dans chacune des treize causes séparées qui ont été présentées dans huit différents Etats et devant une grande variété de juges de tribunaux des Etats-Unis; deux d'entre eux appartiennent à la Cour suprême, cinq à des tribunaux sans siège fixe et sept à des tribunaux de district et, comme je l'ai déjà dit, la compagnie Bell a eu partout gain de cause.

Accuser de corruption des hommes tels que les juges Gray et Lowell est un acte que l'on ne saurait trop flétrir; mais, quand l'intérêt personnel dirige les actions d'un homme, sa langue et sa plume se laissent aisément entraîner à tous les écarts. Les accusations dont MM. Gray et Lowell sont l'objet ne sont pas faites directement : ce sont des coups portés dans l'ombre et des insinuations présentées de manière à faire naître le soupçon, sans paraître le partager. Le document auquel nous faisons allusion a été publié à Washington; il disait en substance ce qui suit :

« Le procès Spencer a été présenté devant la cour des Etats-Unis, qui était présidée par le juge Lowell de Boston. Cette cause fut plaidée, le 14 juin 1881. Le 27, c'est-à-dire 12 jours après, le jugement fut rendu par le juge Lowell, en faveur de la compagnie Bell. Or, il paraît que le père du juge Lowell aurait entre les mains 1300 parts de la compagnie Bell, données en garantie d'un prêt d'argent. Un des débiteurs avait été, s'il ne l'était pas alors, directeur de la compagnie. Un frère du juge Lowell possédait, de son côté, 300 parts et le neveu du juge en possédait une moindre quantité. Lorsque le jugement fut connu, les actions montèrent de 146 à 154 dollars par part et, en trois jours, elles étaient montées à 170 dollars.

« Le procès suivant fut celui de Dolbear. Il fut plaidé devant les juges Gray et Lowell en mai 1882 et jugé en feveur de Bell, en janvier 1883. L'opinion de Gray concordait avec celle de Lowell. D'après les comptes rendus publiés en mars 1882, tandis que l'affaire était pendante et deux mois seulement avant le plaidoyer, il paraîtrait que plusieurs parents des juges Gray et Lowell étaient détenteurs d'un grand nombre d'actions de Bell; on indiquait le nombre de parts que l'on supposait appartenir et qui très probablement, ajoutait-on, appartenaient aux divers parents de ces personnages ».

M. Gray jugea au-dessous de sa dignité de répondre à ces attaques; mais le juge Lowell protesta avec indignation contre des insinuations perfides et grossières, qui tendaient à porter atteinte à son honneur et à celui de sa famille.

C'est à la fin de l'article que venait se glisser le venin de l'auteur :

« Nous n'accuserons pas le juge Gray, ni le juge Lowell, d'avoir eu connaissance de la position fausse dans laquelle ils étaient placés, pas plus que nous ne les accuserons d'avoir tenu une conduite peu honorable; mais nous ne pouvons nous empêcher de remarquer, qu'en admettant qu'ils fussent ignorants de ces choses, ils ont été les victimes innocentes et les instruments inconscients d'une manœuvre destinée à faire entrer la justice dans les intérêts du monopole de la compagnie Bell, monopole sur lequel le gouvernement fait peser actuellement l'accusation qu'il serait le fruit d'une patente obtenue par fraude ».

Il est fort probable que l'on pourrait trouver dans le coffre-fort du propriétaire du journal, auteur de ces insinuations malveillantes, bon nombre d'actions de quelque compagnie de téléphone fantaisiste, dont la valeur n'excédera celle du papier sur lequel elles sont imprimées qu'à la condition de faire tomber le monopole de Bell et de jeter la déconsidération sur les représentants les plus honorables de la justice du pays.

C. C. Haskins.

FAITS DIVERS

Une expérience a été faite récemment par M. Linon, commissaire de surveillance administrative à Bressuire, d'un appareil électrique, qui s'adapte aux trains de voyageurs. Les essais ont eu lieu à la gare Montparnasse, en présence de plusieurs ingénieurs.

L'appareil a pour but d'avertir automatiquement le chef de train que, dans un des compartiments du train, un voyageur est en danger, ou bien que la portière d'un des compartiments vient d'être ouverte, ou bien encore que quelqu'un est descendu à contre-voie. Le chef de train sait immédiatement quel est le compartiment et quel est le wagon où son secours est nécessaire.

Dans le fourgon se trouvent : 1° un cadran dont le numérotage correspond au nombre de compartiments du train; 2° une sonnerie électrique pour chaque côté du train; 3° des commutateurs de portières, le tout actionné par une pile Leclanché.

Chaque wagon est muni d'une sonnerie d'alarme et de commutateurs disposés de telle sorte que la portière, en s'ouvrant, ou le bouton d'appel, touché par un voyageur, mettent en mouvement un trembleur électrique dont le jeu ne s'arrête que lorsque le chef de train a répodu à l'appel.

Le train est-il en marche lorsque le commutateur est mis en mouvement par le bouton d'alarme ou par la portière en s'ouvrant, l'appareil placé dans le fourgon du chef de train indique la voiture, le compartiment et le côté; le chef de train peut ainsi savoir si un voyageur menacé d'un danger demande un secours, ou bien si quelqu'un cherche à descendre du train ou changer de voiture.

Lorsque le train est en station, en isolant le côté où doit se faire le service, le chef de train sait immédiatement si un voyageur descend imprudemment à contre-voie.

Tel qu'il est, l'appareil de M. Linon est on ne peut plus ingénieux, mais il est nécessaire que son application soit faite pendant un certain temps pour savoir si son fonctionnement ne laisse rien à désirer.

On se sert maintenant, en Allemagne, du microphone pour découvrir les fuites non seulement dans les conduites principales, mais même sur les branchements particuliers. A cet effet, l'inspecteur du service des eaux place une tige d'acier sur le robinet dans le voisinage duquel il suppose l'existence d'une fuite et adapte un microphone à l'extrémité de cette tige. Une pile sèche et un téléphone complètent l'appareil. Si les robinets sont fermés et s'il n'y a aucune fuite dans le branchement, le téléphone ne fait entendre aucun son; une perte de quelques gouttes seulemeut, due à un mauvais ajustage, communique au contraire au tuyau une série de vibrations suffisantes pour agir sur le microphone, qui la transmet au téléphone. Au dernier Congrès des ingénieurs de distribution d'eau et de gaz tenu à *Eisenach*, en Allemagne, il aurait été établi que cette méthode est d'une application assez simple pour en confier l'usage à des ouvriers ordinaires après quelques jours de pratique, et assez sûre pour leur permettre de découvrir et de localiser rapidement les fuites. M. Deacon, l'auteur d'un système pour la découverte des fuites d'eau, a cependant depuis longtemps reconnu que le microphone était beaucoup trop sensible pour cet usage, et qu'il transmettait un si grand nombre de sons légers qu'il y avait confusion entre eux et ceux provenant spécialement des fuites.

Éclairage Électrique

La Société d'éclairage électrique qui exploite en Angleterre les brevets de MM. Pilsen et Joël vient, pour là deuxième fois, de réduire son capital, qui se trouve maintenant porté à 1,404,375 francs, sur lesquels il reste encore à appeler une somme de 525,000 francs.

Télégraphie et Téléphonie

Nous avons annoncé que le Règlement et les Tarifs arrêtés par la Conférence de Berlin seraient, d'une manière générale, appliqués à partir du 1er juillet, et nous avons fait connaître qu'un petit nombre de Gouvernements n'avait pas encore fait parvenir leur approbation, qui ne paraissait, d'ailleurs, pas douteuse.

Conformément à cette prévision, toutes les approbations en retard ont été successivement données, et les modifications apportées aux Règlements et aux Tarifs par la Conférence de Berlin sont ainsi sanctionnées par tous les États adhérents à la Convention de Saint-Pétersbourg.

Voici, d'après le *Journal Télégraphique* de Berne, la liste des principales communications télégraphiques dont l'état a subi des modifications depuis le mois dernier :

	Date de l'interruption		Date du rétablissement
Câble Portheurno-Lisbonne.	24 août 1886		4 déc. 1886
— Hongkong-Fouchow.	2 déc.	—	6 déc. —
Ligne Saïgon-Bangkok.....	7 déc.	—	8 déc. —
Câble Sanghaï-Nagasaki....	27 nov.	—	9 déc. —
— Trinidad-Demerara...	29 nov.	—	10 déc. —
— Hongkong-Amoy.....	2 déc.	—	Toujours interrompu

La ligne téléphonique entre Augsbourg et Munich a été livrée au public le 15 décembre dernier. Le prix d'une communication de 5 minutes a été fixée à 1,25 fr.

On annonce la formation prochaine d'un syndicat puissant aux Etats-Unis, pour combattre le monopole de la Cie Bell, par l'introduction et l'exploitation du nouvel appareil de MM. Dann et Lapp qui a déjà été décrit dans nos colonnes. La nouvelle entreprise se propose de commencer l'exploitation à Rochester, dans l'Etat de New-York, ou la Cie Bell a perdu 600 abonnés sur 700 par suite d'une augmentation du prix de l'abonnement.

M. Berliner a inventé un nouveau microphone, spécialement destiné et construit pour la téléphonie à grande distance. Il paraît que les expériences faites ont donné les meilleurs résultats, et que la transmission de la voix est plus forte et plus nette qu'avec les autres appareils du même genre.

Déjà en 1884, l'*American Bell Telephone C°* se décida à entreprendre une série d'essais et d'expériences de téléphonie à grande distance, et fit construire à cet effet une ligne spéciale en fil de cuivre d'une longueur de 300 milles entre Boston et New-York. Pendant plus d'une année, ces expériences ont été poursuivies dans toutes les conditions possibles et avec tous les appareils connus, surtout dans le but d'éviter l'induction et de trouver le meilleur transmetteur. Quant à ce dernier point, il paraît que la collaboration de MM. Blake, Edison, Berliner, Gilliland, Hughes, Hunnings et d'autres, a donné pour résultat un appareil satisfaisant dont la construction n'a pas encore été rendue publique. Quant à la question de l'induction, la Compagnie est arrivée à la conclusion que le seul moyen de la vaincre consiste dans l'emploi d'un circuit métallique. Dans ces conditions, on peut causer d'une matière pratique et satisfaisante de Boston à New-York.

On s'occupe en ce moment-ci de la pose de la tour qui doit surmonter le bureau central de la *Société des Téléphones de Madrid*. Cette tour, construite par la maison O. André, de Paris, sera le spécimen le plus perfectionné de ce genre d'installation. La presque totalité des abonnés y seront reliés par des câbles isolés qui rejoindront les fils nus sur les supports les plus voisins.

La tourelle est actuellement disposée pour recevoir 1,800 abonnés et l'emplacement a été réservé pour l'aménagement d'un plus grand nombre, dans le cas où les extensions du réseau le nécessiteraient.

Un décret royal du 13 juin 1886 impose le cahier des charges suivant aux concessionnaires des exploitations téléphoniques en Espagne.

1. Tout système de lignes ou de stations téléphoniques reliées entre elles pour le service des communications dans un rayon de 10 kilomètres, constituera un réseau auquel on pourra relier toutes les localités situées dans les limites de ce rayon.

2. La personne ou la Compagnie qui obtiendra la concession d'un réseau téléphonique devra installer son bureau central et ses succursales dans le délai de deux mois à dater de la signature de l'acte de concession, et les postes d'abonnés dans le délai d'un mois à dater de la réception de la souscription d'abonnement. Si le concessionnaire n'exécute pas les travaux dans les délais prescrits ou si le service qui fait l'objet de sa concession est interrompu pendant 30 jours consécutifs, sa concession lui sera retirée et le cautionnement versé sera acquis à l'État, en vertu du § 14 du décret royal. Sont exceptés toutefois les cas d'interruption par force majeure.

3. Pour les réseaux comptant plus de 200 abonnés, les concessionnaires devront employer le système mixte de câbles souterrains et de fils aériens. A cet effet, ils devront établir les câbles, depuis leur bureau central, sur une étendue suffisante pour que la ligne aérienne n'ait pas, dans le rayon urbain, une longueur de plus de 500 mètres. Quant aux réseaux de moins de 200 abonnés, les concessionnaires pourront adopter pour leur établissement, soit le système des câbles, soit celui des lignes aériennes.

4. Les lignes téléphoniques devront être établies en double circuit, à l'exclusion de la communication de terre; les conducteurs ne devront pas avoir une résistance supérieure à 42 ohms par kilomètre à la température de 20 degrés C.; leur isolement devra être parfait et les concessionnaires auront à prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter les inductions de courants.

Pour les lignes déjà établies actuellement et qui sont à simple circuit avec communication de terre, les concessionnaires devront en doubler les fils dans le délai de six mois à partir de la signature de la concession.

5. Les appuis des conducteurs aériens auront les dimensions, la forme et la solidité nécessaires pour supporter convenablemet les fils et résister à la tension qu'ils auront à subir.

6. Le bureau central aura les tableaux indicateurs nécessaires pour que chaque abonné ait son numéro respectif, sous lequel son appel devra immédiatement apparaître.

Ces tableaux devront être munis des commutateurs des fils de jonction et des instruments accessoires nécessaires pour assurer la communication entre les abonnés.

Le système adopté pour ces tableaux indicateurs devra présenter au moins tous les avantages que possèdent les systèmes américains et celui de Sieur, qui est actuellement en usage dans le bureau central téléphonique de l'État.

7. Les postes ordinaires des abonnés devront être au moins pourvus des appareils ci-après :

Un transmetteur;

Deux récepteurs;

Une sonnerie et une pile avec les accessoires pour son montage.

Le concessionnaire devra choisir, pour l'installation de

ses postes, les meilleurs systèmes de microphones et de téléphones actuellement connus; ces appareils devront posséder au moins les mêmes qualités que les systèmes Ader, Breguet, d'Arsonval et Gower-Edison.

8. Les lignes et les postes téléphoniques devront être pourvus de tout le matériel nécessaire, dont l'entretien, la conservation et la réparation seront à la charge du concessionnaire.

9. Le réseau ne pourra être ouvert au service avant qu'il ait été visité et examiné par un fonctionnaire délégué à cet effet par l'Administration des télégraphes; si sa construction satisfait aux conditions fixées par l'acte de concession ainsi qu'aux exigences de la science technique, la Direction générale autorise l'ouverture du réseau au service public.

Dans le cas contraire, elle donne à l'entreprise un nouveau délai d'un mois au plus pour réparer les fautes et les omissions commises dans la construction de la ligne.

10. Au moment du transfert au concessionnaire des réseaux déjà exploités par l'État, ce dernier versera entre ses mains, sur le montant des abonnements qu'il a perçus, la part correspondante au temps que l'abonnement aura encore à courir à partir du jour du transfert, jusqu'à son expiration.

Si un abonné n'a pas encore payé son abonnement au moment du transfert, le concessionnaire se chargera d'en faire opérer la rentrée ou suspendre la communication, s'il le juge convenable.

11. Les conducteurs téléphoniques appartenant à des particuliers ou à des Compagnies, qui suivent une direction parallèle aux lignes télégraphiques ou téléphoniques de l'État ou d'autres particuliers, ou qui viendront à se croiser avec ces lignes, ne pourront être placés sur les mêmes poteaux et à une distance de moins de 2 mètres de ces autres lignes, sauf le cas d'une entente entre deux ou plusieurs particuliers en vue de l'emploi des mêmes poteaux et de la réduction de la distance réglementaire.

Avec l'assentiment de la Direction générale, cette distance pourra encore être réduite quand les communications sont établies au moyen de câbles souterrains.

12. Le service téléphonique sera permanent dans les réseaux comptant plus de 100 abonnés. Dans ceux qui n'atteignent pas ce chiffre, le concessionnaire pourra introduire à volonté le service permanent ou le service complet, qui dure en été depuis 7 heures du matin et en hiver depuis 8 heures du matin jusqu'à 10 heures du soir.

13. Le concessionnaire aura le droit d'exiger le payement par anticipation et par trimestre des abonnements à son réseau; si un poste d'abonné est installé dans le courant d'un trimestre, le concessionnaire ne percevra que la partie correspondante au temps qui reste à courir depuis le jour de l'installation jusqu'à la fin du trimestre; il ne pourra toutefois percevoir aucun abonnement tant que le Gouvernement n'a pas autorisé l'ouverture du réseau.

14. L'interruption de la communication téléphonique d'un abonné ne donne pas à ce dernier le droit d'exiger une déduction du prix d'abonnement pour la durée de l'interruption, à moins qu'elle n'ait dépassé trois jours, pendant les mois de mai-septembre inclusivement, ou de plus de six jours, pendant l'autre partie de l'année. Si les dérangements se produisent fréquemment, l'abonné pourra résilier son contrat ou réclamer une indemnité du concessionnaire.

15. Tout abonné aura le droit d'être mis, sur sa demande, en communication avec les autres abonnés particuliers du même réseau pendant les heures d'ouverture du bureau central du réseau dont son poste fait partie.

Cette communication sera établie par l'intermédiaire du bureau succursale auquel le poste de l'abonné est directement relié.

Les abonnés ne pourront jouir des droits que leur confère leur abonnement que dans les limites du réseau auquel ils sont reliés.

Quand ils correspondront par une cabine téléphonique publique avec leur propre station ou avec un autre abonné, ils n'auront aucune taxe à payer de ce chef, pourvu qu'ils établissent la preuve de leur titre d'abonné de la manière que le concessionnaire jugera convenable.

16. Les abonnés pourront également transmettre par téléphone, au bureau central, des messages destinés à être remis à une personne domiciliée dans le rayon urbain du réseau téléphonique; la taxe pour la copie et la remise à destination de ces messages sera fixée à 25 centimes par 30 mots, avec une augmentation du même montant pour toute série ou fraction de série additionnelle de 80 mots.

Tout abonné pourra, en cas d'urgence, solliciter le secours de la police ou du service des incendies par l'intermédiaire du bureau central, qui communiquera immédiatement sa demande à l'autorité compétente.

17. Les stations centrales et les cabines publiques recevront et transmettront gratuitement les avis précités ainsi que les ordres y relatifs, s'ils sont signés par les agents de l'autorité publique. Elles pourront aussi faire usage, pour ce service, du poste téléphonique d'un abonné quelconque, sous réserve de son assentiment.

18. Le concessionnaire pourra établir, pour les particuliers, les prix d'abonnement qui lui paraîtront convenables, à la condition qu'ils restent dans les limites fixées par la loi et par l'acte de concession.

19. Le concessionnaire communiquera chaque mois à ses abonnés et mettra à la disposition du public, dans tous les bureaux téléphoniques, une liste complète de tous les abonnés de son réseau.

20. La perception des taxes applicables aux messages et aux conversations téléphoniques s'effectuera au bureau expéditeur. Si l'expéditeur est un abonné du réseau et s'il a transmis de son domicile un message pour un destinataire non abonné, on portera à son compte le montant des droits pour la copie et la remise à destination, qui sont prévus par l'article 16.

31. Pour la taxation d'un message on comptera tous les

mots écrits par l'expéditeur et la taxe sera perçue à raison du nombre total des mots de la dépêche.

Le nom du bureau de consignation, les date, heure et minute, sont transmis d'office et reproduits sur la copie remise au destinataire.

33. Tout message reçu sera transcrit, avec la signature de l'agent de service, sur la formule qui est remise au destinataire, après avoir été enregistrée et revêtue d'un numéro d'ordre.

23. Les difficultés qui surgiraient en ce qui concerne les taxes, la rédaction, la transmission et la remise des massages, seront réglées d'après les dispositions du Règlement de service télégraphique.

24. Les concessionnaires tiendront, dans leur bureau central, un registre de leurs abonnés sur lequel ils devront mentionner leur nom, leur prénom, leur numéro et leur domicile, ainsi que la longueur et le numéro de leur circuit, la date de leur souscription et le montant du prix de leur abonnement.

25. Pour le service de transmission des messages, on tiendra dans chaque bureau deux registres, dont l'un pour l'inscription des messages expédiés, avec l'indication de leur numéro d'ordre, du nombre des mots, de la date et de l'heure de leur dépôt, des noms de l'expéditeur et du destinataire, ainsi que du lieu de destination et du montant de la taxe perçue. L'autre registre servira à l'inscription des messages reçus, accompagnée de l'indication du bureau d'origine, du numéro d'ordre, du nombre de mots, de la date et de l'heure du dépôt, des noms de l'expéditeur et du destinataire et de l'heure de la réception.

On joindra au premier de ces registres les originaux des messages pour servir de pièces à l'appui. Si le message a été expédié par un abonné, la minute de l'agent du bureau d'arrivée tiendra lieu d'original, et il en sera fait une copie pour le destinataire.

26. Le décompte du montant de la redevance à l'État de tant pour cent sur la recette totale, sans aucune déduction quelconque, sera effectué, à la fin de chaque trimestre, par l'intermédiaire d'un délégué spécial de la Direction générale des télégraphes, qui examinera les comptes d'abonnés et ceux des messages reçus et expédiés. Après rectification des erreurs qui pourraient s'être produites, les copies textuelles de ces comptes sont transmises à la Direction générale et après son approbation au bureau d'ordonnancement du Ministre de l'intérieur. Le concessionnaire versera chaque mois au Trésor le montant revenant à l'État et en joindra les quittances au compte trimestriel.

27. Quant aux contestations qui pourraient s'élever au sujet des comptes de la liquidation et du versement au Trésor du trentième de la recette totale, le concessionnaire sera soumis à cet égard aux dispositions qui régissent la comptabilité de l'État et à celles qui sont prévues par le Règlement de service des télégraphes.

28. Le Gouvernement aura le droit de contrôler toutes les communications échangées par les réseaux téléphoniques et par toute autre catégorie de lignes téléphoniques, et les fonctionnaires désignés à cet effet auront libre accès dans toutes les cabines publiques et privées, pour l'accomplissement de leur mission.

29. Il sera interdit de transmettre par téléphone des messages dont le contenu serait contraire aux lois, à la sécurité publique et aux bonnes mœurs.

36. Tout agent d'une entreprise concessionnée qui violera le secret de la correspondance, qui falsifiera des messages, qui transmettra de faux ordres ou de faux avis, ou qui contreviendra à la disposition de l'article précédent, devra être immédiatement congédié, sans préjudice de la responsabilité qu'il aura encourue en vertu du Code pénal; à cet effet, il sera considéré comme un fonctionnaire public.

31. Les enchères pour l'établissement des réseaux téléphoniques affectés au service public seront publiées dans la *Gazette de Madrid*, au moins 30 jours à l'avance; dans le même intervalle, elles seront également publiées, au moins 10 jours avant la date fixée pour les enchères, dans le *Bulletin officiel* de la province où est située la localité dans laquelle le réseau doit être établi, et les enchères auront lieu à Madrid et dans la capitale de la province respective.

32. Le cautionnement provisoire à effectuer pour la participation à l'enchère est fixé comme suit :

Pour le réseau de Madrid, à.....	10,000 fr.
Pour le réseau de Barcelone, à.....	8,000 —
Pour les autres villes de première classe, à	4,000 —
Pour les villes de seconde et troisième classes et pour les agglomérations de plus de 20,000 âmes, à.....	2,000 —
Pour les localités et agglomérations de moins de 20,000 âmes.....	1,000 —

33. A partir de la date de la notification de l'adjudication définitive, le concessionnaire devra, dans un délai de quinze jours, tripler le montant de son cautionnement provisoire, qui sera converti en un dépôt définitif, et il devra faire passer à ses propres frais l'acte notarié de concession dont il devra fournir deux copies à la Direction générale. Le dépôt définitif restera entre les mains de l'État pendant toute la durée de la concession, pour servir de garantie de l'exécution et de l'observation des opérations de l'acte de concession.

Madrid, 13 juin 1886.

Le Directeur général
A. Mausi

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 22 JANVIER 1887 N° 4

SOMMAIRE. — L'électrodynamomètre balance ou l'ampèremètre absolu de M Pellat; P.-H. Ledeboer. — Rapports entre l'élasticité et le magnétisme; Ch. Reignier. — Détermination pratique des électro-aimants, par M. E.-L French; G. Richard. — Revue des travaux récents en électricité : Simultanéité entre certains phénomènes solaires et les perturbations du magnétisme terrestre, par M. Marchand. — Sur la valeur actuelle des éléments magnétiques à l'observatoire du Parc Saint-Maur, par M. Th. Moureaux. — Sur les suspensions en fil de cocon, et leur constante de torsion, par Th. Gray. — Sur les variations de la résistance électrique de l'antimoine et du cobalt dans un champ magnétique, par le Dr Jaé. — Photographies d'éclairs, par M. H. Kayser. — Sur la résistance électrique du cuivre aux très basses températures, par M. S. Wroblewski. — Sur la conductibilité électrique et le coefficient de température du mercure solide, par C.-L. Weber. — La loi de Joule est-elle rigoureusement applicable aux électrolytes, par H. Jahn. — Production de l'ozone, du bioxyde d'hydrogène et de l'acide persulfurique dans l'électrolyse de l'acide sulfurique étendu, par F. Richarz. — Relation de l'effet Peltier à l'effet utile des éléments galvaniques, par A. Gokel. — Sur les conducteurs flexibles soumis à des actions magnétiques, par R. Lamprecht. — Sur la rotation électromagnétique des liquides, par E. Riecke. — Sur la mesure de l'intensité des courants, par E. Kittler. — Galvanomètre sensible dont on peut mesurer le facteur de réduction, par R.-W. Wilson. — Sur la production de l'électricité par la condensation de la vapeur d'eau, par S. Kalischer. — Généralisation de la loi du pont de Wheatstone, par O. Frœlich. — Phénomène analogue à la résonnance offert par les oscillations électriques, par A. Oberbeck. — Mesure absolue de la résistance de colonnes de mercure dans le sytème électromagnétique, par L. Lorenz. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre; J. Munro. — États-Unis; J. Wetzler. — Faits divers.

L'ÉLECTRODYNAMOMÈTRE BALANCE

OU

L'AMPÈREMÈTRE ABSOLU

DE M. PELLAT

La graduation ou l'étalonnage des appareils destinés aux mesures électriques est une opération qui intéresse au plus haut degré les électriciens ; aussi sommes-nous heureux de pouvoir entretenir nos lecteurs d'un réel progrès réalisé dans cette branche particulière de la science électrique.

Les grandeurs qui interviennent le plus souvent dans les applications de l'électricité sont : la résistance, l'intensité et la force électromotrice ; et pour pouvoir mesurer ces diverses quantités en unités absolues — ohms, ampères et volts — il faut avoir à sa disposition des étalons dont la valeur ait été déterminée avec une exactitude suffisante.

Dans les applications de l'électricité on mesure habituellement les intensités des courants et les forces électromotrices par des instruments gradués en ampères et en volts. Quant à la mesure des résistances, elle se fait presque exclusivement à l'aide du pont de Wheatstone.

Or, faites l'expérience suivante :

Prenez des résistances étalonnées, des ampèremètres et des voltmètres de provenances aussi différentes que possible et vérifiez avec soin la graduation de ces divers instruments, vous trouverez le résultat suivant (nous avons souvent fait l'expérience) : toutes les bobines de résistance sont bien étalonnées, les différences sont le plus souvent inférieures à $\frac{1}{1000}$, mais les graduations des ampèremètres et des voltmètres laissent beaucoup à désirer, les différences sont souvent très considérables. Nous ne parlons pas ici des causes accidentelles qui peuvent intervenir : nous supposons les appareils neufs et toutes les causes d'erreur éliminées.

D'où proviennent ces différences ?

Elles proviennent, d'après notre idée, uniquement de ce que les constructeurs n'ont pas à leur disposition un bon étalon de force électromotrice ou d'intensité de courant.

Voici en effet, comment on opère le plus souvent l'étalonnage des appareils en question : on prend comme étalon de résistance une bobine quelconque dont on détermine la résistance en la comparant directement avec un étalon, et ici il n'y a aucune difficulté, l'opération est très simple et le résultat d'une exactitude irréprochable. Puis, pour déter-

miner l'intensité de courant, on lance dans cette bobine un courant, et on détermine la différence de potentiel en la comparant à une pile-étalon. Nous ne craignons pas d'affirmer que c'est la pile-étalon qui introduit les erreurs dont nous venons de parler. En effet, la seule pile, dont la force électromotrice soit connue avec une certaine exactitude, est l'élément L. Clark et, comme on le sait, cet élément à l'inconvénient d'être délicat et de ne pouvoir être employé qu'en circuit ouvert.

Quant aux éléments Daniell, leur force électromotrice dépend absolument de la concentration des solutions et de la pureté des métaux et ce sont pourtant les seuls éléments qu'on emploie pour la graduation des voltmètres industriels : ils ont l'avantage de ne pas se polariser en circuit fermé. Le meilleur moyen est de comparer directement la force électromotrice de l'élément employé à un élément L. Clark, mais comme cette comparaison demande une installation assez compliquée on se fie le plus souvent sur la valeur de la force électromotrice de l'élément Daniell, sans aucune vérification directe.

Remarquons encore que la force électromotrice des éléments étalons, a été trouvée, en premier lieu, par la mesure de l'intensité d'un courant au moyen de la boussole des tangentes (voir les travaux de L. Clark et de lord Rayleigh pour la détermination de l'élément L. Clark).

On voit donc qu'il serait bien plus simple de mesurer directement l'intensité de courant en unités absolues au lieu de la faire par une mesure indirecte. Jusqu'ici cette mesure n'a été effectuée qu'à l'aide de la boussole des tangentes et, comme on le sait, il est très difficile d'obtenir avec cet instrument des mesures exactes, et cette méthode est tellement délicate qu'on ne peut nullement s'en servir pour les mesures courantes ; il est même très difficile d'obtenir une approximation de $\frac{1}{500}$ tout en prenant les précautions les plus minutieuses.

Nous n'avons insisté quelque peu sur ces faits que pour bien montrer le progrès réel que M. Pellat a fait faire à cette branche de l'électricité, en réalisant un étalon pratique permettant de mesurer l'intensité de courant en unités C. G. S. ou en ampères.

M. Pellat a imaginé deux appareils :

L'appareil servant aux mesures en valeur absolue, dont nous nous occuperons aujourd'hui, et celui servant aux mesures en valeur relative.

Le premier n'a pour seul inconvénient que de coûter fort cher, en raison des précautions minutieuses qu'exige la construction et du soin qu'il faut prendre pour la détermination des constantes géométriques de l'appareil ; on en trouvera plus loin l'exposé.

L'autre appareil, non encore entièrement réalisé, doit être gradué par rapport au premier et comme, en somme, la constante ne dépend que de données géométriques et ne varie pas avec le temps, l'appareil une fois étallonné peut tout aussi bien que le premier servir à mesurer en unités absolues l'intensité d'un courant.

Nous faisons précéder la description de ce nouvel appareil des considérations suivantes, que

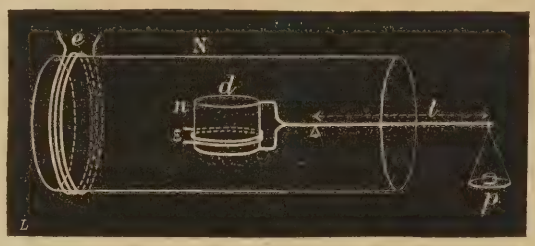


Fig. 1.

nous empruntons à la conférence que M. Pellat a faite à ce sujet à la Société de Physique.

« Grâce à la connaissance de la valeur de l'ohm, la mesure absolue d'une force électromotrice et celle d'une intensité de courant constituent aujourd'hui un même problème expérimental, puisque la relation d'Ohm ($E = I R$) fait connaître une des trois grandeurs qui y figurent quand les deux autres sont données.

« Sans être impossible, la mesure directe d'une force électromotrice en valeur absolue est fort difficile ; en outre, les divers éléments de pile qu'on a proposés comme étalons de cette grandeur sont loin d'être assez constants, quand on se sert des méthodes précises que nous possédons maintenant pour la mesure relative des forces électromotrices.

« La valeur absolue d'une intensité de courant peut s'obtenir plus facilement et avec plus de précision. Les méthodes employées dans ce but se divisent en deux groupes ; dans le premier se rangent les méthodes où le magnétisme terrestre

intervenant, doit être mesuré ou éliminé par des expériences convenables (boussole des tangentes, méthode de Kohlrausch, etc.); dans le second, celles où le magnétisme terrestre n'intervient pas.

« Les méthodes du premier groupe nécessitent plusieurs appareils, qui doivent être assez éloignés les uns des autres pour ne pas s'influencer; on suppose que la composante horizontale du champ magnétique terrestre est la même aux divers endroits où sont placés les appareils, condition rarement réalisée dans un laboratoire à cause des pièces de fer qui s'y trouvent. En outre, la multiplicité des mesures nuit à la précision du résultat.

« Les méthodes du second groupe sont susceptibles d'une plus grande précision, sous certaines conditions cependant. Ainsi, on doit exclure des méthodes précises, celles où les appareils renferment des aimants de fer ou d'acier parce que les lois numériques de l'aimantation sont trop complexes, et trop peu connues pour qu'on puisse fonder sur elle une mesure absolue.

« On est donc amené à n'utiliser que l'action mutuelle de deux conducteurs traversés par le courant étudié, c'est-à-dire à se servir d'un électrodynanomètre; on fait équilibre à l'action électrodynamique par une force d'une autre nature, connue en grandeur, d'où l'on conclut d'après la loi d'Ampère l'intensité du courant. Mais il est avantageux pour la précision et la commodité de la mesure, que cette force antagoniste soit immédiatement connue en valeur absolue, sans qu'il soit nécessaire de faire pour cela une autre expérience.

« Or, il n'y a qu'une force que nous connaissons immédiatement avec certitude, c'est le poids d'une masse prise dans une bonne boîte de poids.

« On est conduit ainsi à se servir d'un *électrodynanomètre-balance*. Je rappellerai que MM. Joule, Cazin, Mascart, Helmholtz, etc. ont déjà employé des instruments de ce genre. C'est aussi à cette catégorie qu'appartient l'appareil que j'ai imaginé; il me paraît présenter quelques avantages sérieux au point de vue de la précision. »

Voici maintenant la description de ce nouvel appareil.

Cet électrodynanomètre absolu se compose de deux bobines concentriques (fig. 1 et 2) à axes rectangulaires, l'une longue et grosse a son axe horizontal, l'autre placée à l'intérieur de la première a son axe vertical.

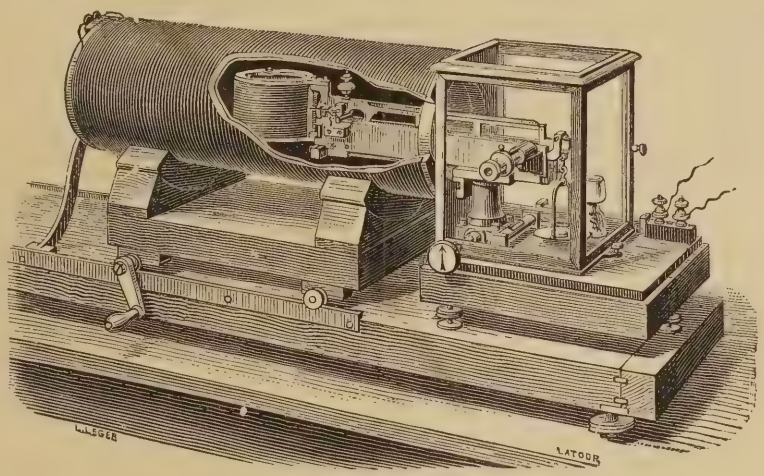


Fig. 2.

Le même courant passe dans les deux bobines; la petite, se tronvant ainsi placée dans le champ à peu près uniforme produit par la plus grande, est soumise à un couple qui tend à dévier son axe de la verticale; c'est la mesure de ce couple qui fait connaître l'intensité du courant. Pour cela, la petite bobine fait corps avec un fléau de balance, qui porte à son extrémité un plateau suspendu à la façon ordinaire. En mettant des poids marqués dans ce plateau, on fait équilibre au couple électrodynamique.

Il est facile de trouver la formule qui s'applique dans le cas où la bobine extérieurs serait d'une longueur indéfinie.

Soit p la masse en grammes des poids marqués; g l'intensité de la pesanteur (980,896 à Paris); l la distance entre l'arête du couteau qui supporte le fléau et l'arète du couteau qui porte le plateau, e la distance entre les axes de deux spires consécutives du fil enroulé sur la grosse bobine (épaisseur du fil recouvert); N le nombre des couches de fil de cette bobine, n le nombre de spires de l'unique couche de fil de la petite bobine; d le diamètre de ces spires, (plus exactement, le diamètre du cylindre idéal sur lequel se trouve l'axe du fil).

Le champ magnétique produit par cette bobine est

$$\frac{4\pi i}{e} N$$

et la bobine intérieure est un solénoïde dont la masse magnétique à chaque surface est

$$\frac{\pi d^2 i}{4\varepsilon}$$

en appelant ε la distance des fils de eette bobine.

La force que le champ exerce sur cette masse est donc

$$\frac{\pi^2 i^2 d^2}{\varepsilon e} N$$

Le couple produit par cette force est

$$\frac{\pi^2 i^2 d^2}{\varepsilon e} N . n \varepsilon$$

puisque $n\varepsilon$, distance entre les deux bases du cylindre intérieur, est le bras de levier. Ce couple est équilibré par le couple

$$p g l$$

produit par la masse p qui se trouve dans le plateau de la balance, on a donc

$$\frac{\pi^2 i^2 d^2 N n}{e} = p g l$$

L'intensité se trouve donc par la formule

$$i = \sqrt{\frac{g l e}{\pi^2 d^2 N n}} \sqrt{p}$$

Il est à remarquer que dans cette formule le terme ε, distance des deux spires de la bobine intérieure, disparaît.

L'intensité se trouve exprimée ici en unités absolues C. G. S. (1 unité C. G. S. = 10 ampères) lorsque les dimensions sont évaluées en centimètres, la masse en grammes, et l'accélération de la pesanteur en centimètres par seconde.

Comme la bobine extérieure est de longueur finie, la formule précédente n'est qu'approchée, et pour avoir la formule exacte, il faut écrire

$$i = \sqrt{\frac{g l e}{\pi^2 d^2 N n (1 - a)}} \sqrt{p}$$

où a est un terme correctif nécessité par la longueur finie de la grosse bobine, et que le calcul fournit avec une très grande précision.

Dans chaque expérience, l'intensité du courant est ainsi donnée par une pesée, le coefficient de $\sqrt{p}$ ayant été déterminé une fois pour toutes par la mesure des longueurs l, e, d et des nombres N et n.

Toute la valeur d'un instrument de ce genre dépend de sa bonne construction et du soin apporté à la détermination des longueurs qui entrent dans l'expression de sa constante.

On va voir par ce qui va suivre qu'on n'a rien négligé pour rendre tout-à-fait irréprochable l'exécution de cet appareil.

La construction a été confiée à M. Carpentier; les mesures de longueurs ont été faites : les unes par le *Bureau international des poids et mesures*, les autres par M. Pellat, mais rapportées au mètre international. Voici à cet égard quelques détails.

La grande bobine, dont le corps est en laiton a 50 c. m. de longueur et 17,3 c. m. de diamètre intérieur. Elle porte dix couches d'un fil de cuivre de 0,13 c. m. de diamètre recouvert de deux couches de soie; chaque couche de fil est séparée de la précédente par une feuille de papier arcansonnée, le tout est recouvert d'une enveloppe protectrice.

La petite bobine est constituée par un cylindre d'aluminium de 0,4 c. m. d'épaisseur, de 11 centimètres de diamètre, et de 8 centimètres de hauteur [1]; ce cylindre porte une seule couche d'un fil de cuivre de 0,05 c. m. de diamètre recouvert de deux couches de soie, ce fil forme exactement 164 spires (fig. 3).

Pour établir la communication de cette bobine avec les autres parties du circuit, sans gêner les

[1] Le rapport de la hauteur au diamètre a été calculé de façon à avoir un couple électrodynamique maximum, étant donnée la plus grande dimension linéaire du cylindre.

mouvements du fléau dont elle est solidaire, M. Pellat a employé deux fils d'argent très fins faisant deux tours de spires en face de l'arète du couteau qui supporte le fléau.

Les deux couteaux et les plans sur lesquels ils reposent, sont en agate, aucune pièce d'acier ne devant exister dans l'appareil.

Les oscillations du fléau sont observées à l'aide d'un microscope peu grossissant, pourvu d'un réticule oculaire, qui vise une graduation sur argent à traits horizontaux, portée par l'extrémité du fléau. On voit dans le microscope, ces traits se déplacer verticalement pendant les oscillations.

Comme dans toute balance, une cage en verre protège tout l'appareil oscillant. Un bouton, qu'on manœuvre de l'exterieur, permet de soulever légèrement le fléau sur des fourchettes.

La distance *l* des arêtes des couteaux a été me-

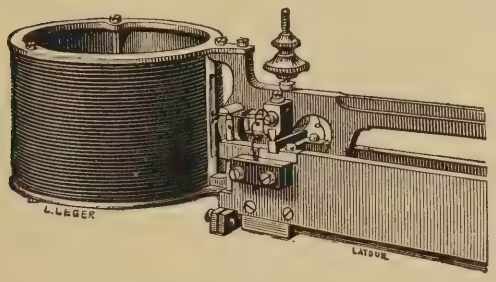


Fig. 3

surée par le *Bureau international des Poids et Mesures*. L'erreur relative commise sur son évaluation est absolument négligeable.

Ce sont aussi les mêmes observateurs, MM. Benoît et Isaachsen, qui ont mesuré le diamètre du cylindre d'aluminium avant l'enroulement du fil. La mesure a été faite, pour huit diamètres équidistants sur chacune des bases du cylindre, avec le comparateur universel; une mesure a été faite dans la partie médiane.

Les mesures ont montré que le défaut de cylindricité était tout à fait négligeable, la moyenne des valeurs trouvées par les diamètres des deux bases ne différant pas de $\frac{1}{100}$ de millimètre.

Ce cylindre a été ensuite placé entre deux joues de laiton pour le fixer au fléau, puis couvert d'une couche de vernis qui, quoique suffisante pour un bon isolement, est d'une épaisseur négligeable. C'est sur celle-ci que le fil a été enroulé.

Avant et après l'enroulement on a mesuré avec un bon pied à coulisse le diamètre du cylindre sur plusieurs génératrices, ce qui a donné l'épaisseur du fil enroulé.

Cette épaisseur a été obtenue encore par l'opération destinée à compter le nombre des spires; la bobine ayant été placée verticalement, M. Pellat a compté le nombre des fils qui passaient devant le réticule de la lunette d'un cathétomètre réglé; tous les dix fils on fixait la lunette et on mesurait ses déplacements sur la règle graduée, pour éviter une erreur dans le numérotage des fils. On avait ainsi, la hauteur occupée pour toutes les spires, et, en divisant cette hauteur par leur nombre, le diamètre du fil enroulé.

Les deux mesures ont donné des résultats concordants. En ajoutant le diamètre du fil a celui du cylindre nu, on a la valeur de *d*. L'erreur relative sur l'évaluationide *d* ne peut dépasser $\frac{1}{5000}$.

La mesure la plus délicate était celle de la distance moyenne *e* des axes de deux spires consécutive de la grosse boblne. Comme on ne pouvait songer à déplacer celle-ci pendant l'enroulement des diverses couches, cette mesure a été effeétuée par M. Pellat dans l'atelier du constructeur.

Voici le procédé employé. M. Pellat a fait construire une règle en laiton taillée en bizeau, portant vers ses deux extrémités deux traits distants de 200 fois l'épaisseur du fil. La distance de ces deux traits a été mesurée exactement au *Bureau international des poids et mesures*, par MM. Benoit et Pellat, avec la *règle normale* et le comparateur universel. Deux microscopes pourvus de micromètres oculaires, assujettis d'une façon invariable à la règle de laiton, visaient chacun l'un des traits. Une monture permettait d'installer ce petit appareil sur le tour où se faisait l'enroulement, de manière à appliquer la règle sur la couche de fil parallèlement à l'axe de la bobine. En regardant dans l'un des microscopes, on amenait, avec une vis de rappel, le trait correspondant à coïncider exactement avec la ligne de séparation de deux fils. En regardant alors dans l'autre microscope, on notait le nombre de divisions du micromètre oculaire existant entre le trait et la ligne de séparation de deux fils la plus voisine. La tare du micromètre oculaire étant déterminée, on avait ainsi la longueur occupée par un nombre entier de spires P voisin de 200.

Pour connaître ce nombre P sans être obligé de compter les fils, ce qui est une opération fatigante et sujette à erreur, on a employé une méthode de coïncidence. L'intervalle compris entre les deux traits de la règle avait été divisé en 200 parties égales numérotées de dix en dix ; chacune de ces divisions était ainsi à très peu près égale à l'épaisseur d'un fil.

Le trait zéro coïncidant exactement avec la ligne de séparation de deux fils, les traits voisins coïncidaient à peu près ; mais en s'éloignant du trait zéro, l'écart entre un trait et la ligne de séparation de deux fils correspondants augmentait, en général, de plus en plus jusqu'à atteindre l'épaisseur d'un fil : on observait alors une nouvelle coïncidence, et le nombre des fils était supérieur ou inférieur d'une unité au numéro du trait correspondant. On notait ainsi, en général, au plus une seule coïncidence dans l'ensemble des fils : P était égal à 199,200 ou 201.

Cette mesure était du reste toujours faite dans la partie moyenne de la grosse bobine dont l'effet sur la bobine mobile est prédominant ; elle était répétée, pour chaque couche, sur quatre génératrices ; pour la première, elle a été répétée sur sept génératrices. Le nombre e se trouve être ainsi la moyenne de quarante-trois mesures, chacune d'elles était faite avec une erreur relative inférieure à $\frac{1}{3000}$. Il est probable que la moyenne des quarante-trois mesures diminue notablement cette erreur ; mais, même en admettant une erreur de $\frac{1}{3000}$ sur la valeur de e il n'en résulterait qu'une erreur de $\frac{1}{6000}$ sur l'intensité du courant.

La méthode de coïncidence employée pour compter les fils présente, en outre, l'avantage de montrer immédiatement, les irrégularités de l'enroulement, ce qui permet d'en tenir compte au besoin. La couche de fil, en général régulière dans sa partie moyenne, présente toujours des irrégularités vers les extrémités à cause du passage du fil d'une couche à la suivante, ce qui produit un ressaut dont l'effet se fait sentir sur les spires peu éloignées des extrémités. L'un des principaux avantages de la disposition de cet électrodynamomètre est précisément la distance relativement grande de la bobine mobile aux extrémités de la bobine fixe, les irrégularités inévitables du fil à ces extrémités sont ainsi sans influence appréciable sur le résultat.

En résumé, si l'on suppose que les erreurs relatives de ces diverses mesures s'ajoutent numériquement, on trouve que l'erreur, qui en résulte pour l'intensité du courant ne dépasse pas $\frac{1}{2000}$.

Voilà pour les erreurs systématiques.

Quand aux erreurs accidentelles, elles se réduisent à l'erreur commise dans chaque expérience sur la mesure de p. Or la balance est sensible au dixième de milligramme, et un courant de 0,3 ampères, nécessite pour être équilibré à Paris 0,4180 gr. Les courants les plus convenables pour une bonne mesure sont compris entre 0,2 ampères et 0,4 ampères.

Le réglage de l'appareil se fait sans aucune difficulté : le centrage des deux bobines, facile à obtenir, n'a pas besoin d'être fait avec précision, puisque la petite bobine se trouve dans un champ a peu près uniforme et dans la position qui correspond au maximum de la valeur du champ.

Pour éviter l'effet du magnétisme terrestre, on peut, après avoir établi l'équilibre, renverser le sens du courant dans la bobine fixe, sans le changer dans la bobine mobile, la masse qu'il faut ôter ou ajouter pour établir l'équilibre est exactement égale à $2p$, puisque l'action du champ magnétique terrestre sur la bobine mobile est la même dans les deux cas, tandis que l'action du champ de la bobine fixe est changée de signe. Mais il paraît préférable, pour la rapidité des mesures, de disposer le plan de mobilité du fléau perpendiculairement au méridien magnétique ; l'action de la terre est ainsi annulée, ce dont on s'assure en lançant le courant dans la bobine mobile seulement, après avoir établi l'équilibre auparavant : celui-ci ne doit pas être troublé. Comme la composante horizontale du champ terrestre n'est que la 1/130 partie environ du champ produit par la bobine fixe pour un courant de 0,3 ampères, on voit que les variations de la déclinaison sont sans influence appréciable, et qu'il n'y a besoin de faire ce réglage que d'une façon approchée.

Plusieurs vérifications étaient nécessaires. Le bon isolement des fils a été constaté, pour les deux bobines, en mesurant la résistance du circuit formé par le fil et le noyau métallique de la bobine. Cette résistance a été trouvée assez con-

sidérable pour que les dérivations produites soient tout à fait insignifiantes.

M. Pellat, s'est assuré ensuite que le magnétisme de l'aluminium qui forme le corps de la bobine mobile est trop peu important pour fausser la mesure. L'aluminium du commerce renferme toujours du fer, qui doit s'aimanter sous l'influence du courant passant dans le fil de la bobine mobile ; on pouvait craindre ainsi qu'un couple électromagnétique vint augmenter l'action du couple électrodynamique, qui seul est introduit dans le calcul. Pour faire cette vérification, on a produit à l'aide d'un fort électro-aimant placé au-dessous de la bobine mobile, un champ magnétique égal, dans le voisinage de celle-ci, au champ produit à son intérieur par un courant de 0,15 ampères environ, passant dans le fil dont elle est recouverte. L'électro-aimant devait par conséquent produire la même aimantation de l'aluminium qu'un pareil courant. Or, l'équilibre ayant été établi sans faire passer aucun courant dans les deux bobines, il n'a pas été troublé en lançant un courant assez intense dans la bobine fixe seulement ; l'aimantation de l'aluminium était donc trop faible pour que le couple électromagnétique fut applicable.

La troisième vérification que l'on a encore faite a été relative à l'exactitude du calcul du terme correctif *a*. Ce calcul est long ; les composantes horizontales et verticales du champ dû aux bouts de la bobine fixe ne peuvent être obtenues que par des développements en séries, et il faut intégrer par rapport à tous les éléments de la surface de base de la bobine mobile. Malgré tout le soin apporté à la vérification de chaque opération partielle, on pouvait craindre qu'une erreur ne se soit glissée dans le calcul. Heureusement que la disposition de l'appareil se prête à une vérification simple de l'exactitude du terme correctif *a*. En déplaçant la grosse bobine de sa longueur, on obtient sur la bobine mobile un effet beaucoup plus faible que dans la position normale. Or le rapport des couples électrodynamiques dans ces deux positions se calcule au moyen des termes donnant la valeur de *a*, en y ajoutant seulement quelques termes peu importants et d'un calcul relativement facile ; ce rapport diffère peu de $\frac{a}{2}$. D'autre part, l'expérience en fournit la valeur, c'est le rapport des poids qu'il faut mettre dans le plateau pour faire équilibre successivement à ces deux couples. Le calcul avait donné le nombre 0,0498 ; l'expérience a donné le nombre 0,0495. Pour montrer combien est grand l'accord de ces deux nombres, il suffit d'indiquer que le nombre observé deviendrait identique au nombre calculé, si l'on supposait une erreur d'un dixième de milligramme seulement dans les deux opérations d'équilibre, que nécessite la pesée, quand la grosse bobine est dans la position écartée, toutes les autres mesures étant supposées exactes : aucune erreur n'a donc été commise dans le calcul du terme *a*.

On voit combien ont été minutieuses les précautions prises pour établir les constantes de cet appareil et pour s'assurer que l'erreur relative de la mesure doit rester inférieur à la valeur 1/2000.

Nous aurions désiré donner à nos lecteurs un aperçu de la manière de calculer le terme correctif *a*. Mais ce calcul est trop compliqué pour trouver place ici d'ailleurs, la vérification indiquée par M. Pellat, justifie pleinement le calcul en question. Comme il s'agit ici de l'action réciproque de deux circuits fermés, on trouve dans la théorie d'Ampère les principes nécessaires pour effectuer ce calcul.

Les principales expériences que M. Pellat se propose de faire avec cet appareil sont :

1° La détermination de la force électromotrice de l'élément Latimer-Clark, le moins variable des éléments proposés comme étalons.

2° La mesure du rapport des unités électromagnétiques et électrostatiques, en mesurant en unités électromagnétiques à l'aide de l'électrodynamomètre absolu et en unités électrostatiques à l'aide d'un électromètre absolu la force électromotrice d'une pile de près de 300 éléments Daniëll.

3° La mesure de l'équivalent mécanique de la chaleur, en faisant passer un courant connu I dans une résistance connue R, placée dans un calorimètre. Le travail (I^2 R T) convertir en chaleur peut être déterminé ainsi avec une erreur inférieure à 1/450.

L'appareil dont nous venons de donner la description, tout en possédant toutes les qualités exigées par la précision, ne serait pas d'un emploi bien pratique pour les électriciens, aussi MM. Carpentier et Pellat se proposent de construire des

ampères-étalons qui auront en plus petit la même disposition que l'électrodynamomètre absolu ; ils fourniront l'intensité d'un courant par la formule $i = A\sqrt{p}$.

Le coefficient A est indépendant de la température et varie proportionnellement à la racine carrée de l'intensité de la pesanteur; il sera déterminé pour chaque appareil par comparaison avec l'électrodynamomètre absolu.

Ces ampères-étalons pourront servir dans les laboratoires à faire des expériences directes. En particulier ils permettront de déterminer rapidement et exactement la composante horizontale du champ magnétique terrestre en lançant un courant connu dans le cadre d'une boussole des tangentes.

Ils pourront, en outre, rendre les plus grands services pour l'étalonnage des ampèresmètres et des voltsmètres, sans qu'on ait besoin de disposer d'aucune pile spéciale.

Aussi pouvons-nous souhaiter que la réalisation de ces ampèresétalons se fasse sans retard : ils contribueront puissamment à faire disparaître le désaccord qui existe actuellement dans les appareils gradués.

P.-H. Ledeboer

RAPPORTS ENTRE

L'ÉLASTICITÉ ET LE MAGNÉTISME

Rappelons d'abord quelques principes connus de l'élasticité :

L'énergie dûe à la résistance moléculaire est déterminée par la tension déformatrice et les chemins parcourus dans cette direction par les différentes molécules du corps.

L'étude de cette énergie se divise en plusieurs cas, et pour la déterminer, il faut connaître la loi d'accroissement d'une barre avec la charge qui l'actionne.

L'expérience indique en effet que tout d'abord les allongements d'un prisme sont proportionnels aux efforts de traction, jusque vers une certaine limite que les physiciens appellent « la limite élastique du corps considéré ».

Dans cette première période, si l'on supprime la charge, le prisme opère un retrait jusqu'à ce qu'il reprenne sa longueur primitive.

En un mot, les molécules du corps sont toujours en équilibre stable, ce dont on se rend très bien compte d'ailleurs par l'hypothèse de Laplace : savoir l'existence de forces attractives et répulsives entre chaque molécule.

Si la charge vient à dépasser cette limite élastique, on remarque que les allongements croissent très rapidement suivant une loi inconnue.

D'un autre côté, la section diminue, et cette diminution de section transversale, de même que l'accroissement de longueur, ne sont pas uniformément répartis.

Si l'on vient à supprimer l'effort tenseur, on observe encore un retrait ; mais dans ce cas, il n'est qu'une portion très faible de l'allongement total. Cette fraction d'allongement qui demeure après l'action se nomme l'allongement permanent.

Les molécules dans ce cas sont donc dans un nouvel état d'équilibre stable, et le retrait est toujours sensiblement proportionnel à la charge totale.

Lorsque l'opération se continue, la décroissance de section est de plus en plus rapide, elle se manifeste seulement sur une petite longueur, dans laquelle les allongements croissent très vite jusqu'à la rupture, cette phase constitue la « striction ».

Depuis longtemps on l'avait considérée comme dûe à un manque d'homogénéité. Mais c'est là une erreur, et M. Considère [1] a démontré le premier qu'elle est très d'accord avec les lois de la mécanique et qu'elle est une condition du phénomène de la traction.

Avant de donner la forme géométrique de cette loi, étudiée par l'expérience (relation des charges par millimètre aux allongements), nous la représenterons dans nos calculs par la forme générale.

$$\lambda = \Phi(p)$$

λ désignant l'allongement, et p la pression unitaire.

Nous allons nous occuper tout d'abord de la détermination de l'énergie moléculaire dans les divers cas.

---

(1) *Mémoire sur la résistance des matériaux.* — Bulletin de la Société des ingénieurs civils (mars 1886).

Premier cas. — Le cas le plus simple est celui où l'on considère un prisme très court soumis à un effort de traction uniformément réparti par unité de section, et dont la valeur unitaire est inférieure à la limite élastique.

On sait que la pression totale est

$$P = E\,S\,i$$

E étant le coefficient d'élasticité ;

S la section ;

$i = \frac{\lambda}{e}$ l'allongement proportionnel,

si λ désigne l'allongement total, et l la longueur du prisme.

La considération de l'allongement $d\lambda$, nous donne pour expression différentielle de l'énergie moléculaire qui le produit

$$d\,W = P\,d\,\lambda = \frac{E\,S}{l}\,\lambda\,d\,\lambda$$

L'énergie totale est alors depuis l'allongement o à l'allongement λ_e,

$$W = \int_o^{\lambda_e} E\,S\,\frac{\lambda}{l}\,d\,\lambda = \frac{E\,S}{2}\,\lambda^2 = \frac{P\,\lambda}{2}$$

Elle est donc mesurée par le demi-produit de l'effort total, par l'allongement total. Donc l'énergie extérieure dépensée, est attribuée aux molécules sous les deux formes : virtuelle et potentielle, et en quantités égales à $\frac{P\,\lambda}{2}$, dans le cas où la pression unitaire ne dépasse pas la limite élastique.

Deuxième cas. — Supposons maintenant que l'effort unitaire, étant d'ailleurs toujours inférieur à la limite d'élasticité, les allongements ne soient pas uniformément répartis sur la longueur d'une ligne de molécules, mais qu'ils soient une certaine fonction de cette longueur. Ce que nous traduirons par

$$\lambda = \varphi\,(l)$$

λ étant l'allongement total de la longueur l, comptée à partir d'une certaine origine.

Dans l'intervalle de longueur $d\,l$ nous pourrons supposer l'allongement uniformément réparti.

Nous aurons alors un prisme élémentaire de section S, de longueur $d\,l$, soumis à l'action d'un effort uniformément réparti sur sa longueur et sa section.

L'énergie moléculaire développée dans ce prisme, sera d'après le théorème précédent

$$d\,W = E\,S\,\frac{\left(\frac{d.\,\varphi\,(l)}{d\,l}\right)^2 d\,l^2}{2\,d\,l}$$

Intégrant, on aura

$$W = \frac{E\,S}{2}\int_o^L \left(\frac{d\lambda}{d\,l}\right)^2 d\,l + C$$

pour l'énergie moléculaire depuis la longueur L à o.

La connaissance de la fonction

$$\lambda = \varphi\,(l)$$

permettra de trouver cette valeur W dans le cas qui vient de nous occuper. Ce calcul se trouve dans la flexion plane des prismes, comme je me propose de le montrer plus tard.

Troisième cas. — Supposons maintenant que la pression unitaire soit une fonction des coordonnées du point considéré, et admettons toujours que la pression unitaire maxima soit inférieure à la limite élastique R_e du métal.

Rapportons le prisme, où le corps quelconque à trois plans de coordonnées rectangulaires.

Supposons, pour simplifier, que les forces aient toutes la direction de l'axe des z, et soit

$$p = \varphi\,(x.\,y.\,z)$$

la loi qui lie les pressions aux coordonnées.

Si λ_e désigne l'allongement maximum correspondant à la limite R_e d'élasticité, on a

$$\frac{p}{R_e} = \frac{\lambda}{\lambda_e}$$

λ étant l'allongement dû à la pression p.

La variation de l'allongement avec les coordonnées peut donc s'exprimer par

$$\lambda = \frac{\lambda_e}{R_e} \varphi(x.\,y.\,z)$$

Considérons alors le prisme différentiel dx, dy, dz.

La pression sur la face $dy\ dx$ peut être supposée uniformément répartie sur cette face et produisant un allongement uniformément réparti de l'arète dz.

L'énergie élémentaire est d'après le premier théorème

$$dW = \frac{E}{2}\, dx\ dy\, \frac{\lambda_e^2}{R_e^2} \left[\frac{d.\,\varphi(x.\,y.\,z)}{dz}\right]^2 dz$$

Et l'énergie totale sera

$$W = \frac{E\,\lambda_e^2}{2.\,R_e^2} \int_0^x \int_0^y \int_0^z \left[\frac{d.\,\varphi(x.\,y.\,z)}{dz}\right]^2 dx\, dy\, dz$$

Dans le cas plus général, où les forces de pression varient non seulement en intensité, mais encore en direction, on pourra toujours décomposer les effets en trois plans rectangulaires de coordonnées, de telle sorte que l'expression générale de l'énergie élastique moléculaire dans un corps soumis dans son intérieur à des forces quelconques, est

$$W = \frac{1}{2}\frac{E\,\lambda_o^2}{R_o^2} \int_0^x \int_0^y \int_0^z \left[\left(\frac{dp}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dp}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dp}{dz}\right)^2\right] dx\, dy\, dz$$

Posant $\frac{E\,\lambda_o^2}{R_o^2} = \chi$; on a

$$W = \frac{1}{2}\chi \int\int\int \left[\left(\frac{dp}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dp}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dp}{dz}\right)^2\right] dx\, dy\, dz$$

Il ne faut pas oublier que l'on a

$$p = \varphi(x.\,y.\,z)$$

Cette formule est absolument analogue à celle qui correspond à l'énergie mécnnique due à la diatribution magnétique dans les corps.

Comme le dit Maxwell, dans toutes les substances, sauf le fer, le nickel et le cobalt, le coefficient d'aimantation est si faible que l'aimantation du corps ne produit qu'une très légère modification des forces en jeu dans le champ magnétique.

« Nous pouvons donc admettre, dans une première approximation que la force magnétique agissant effectivement à l'intérieur du corps est la même que si le corps n'existait pas. » (1).

Donc, dans cette première approximation, l'aimantation superficielle est

$$k\,\frac{d\,V}{d\,v}$$

où K est le coefficient d'aimantation et $\frac{dv}{dV}$ est l'accroissement du potentiel magnétique dû aux aimants extérieurs, le long de la normale menée intérieurement à la surface.

Si, maintenant, nous calculons le potentiel dû à cette distribution superficielle, nous pouvons l'employer pour passer à une seconde approximation.

L'énergie mécanique due à la distribution magnétique, dans cette première approximation s'obtiendra par l'intégrale

$$E = \frac{1}{2}\int\int k\,V\,\frac{d\,V}{d\,v}\,d\,S$$

pour toute la surface du corps

Or, Sir W. Thomson (1), a démontré que cette intégrale de surface est équivalente à l'intégrale de volume

$$E = -\frac{1}{2}\int\int\int k\left[\left(\frac{d\,V}{d\,x}\right)^2 + \left(\frac{d\,V}{d\,y}\right)^2 + \left(\frac{d\,V}{d\,z}\right)^2\right] dx\, dy\, dz$$

prise pour tout l'espace de volume occupé par le corps; ou bien si R est la force magnétique résultante,

$$E = -\frac{1}{2}\int\int\int k\,R^2\, dx\, dy\, dz$$

(1) *Cambridge and Dublin Mathematical Journal*, février 1848.

Or, puisque le travail effectué par des forces magnétiques, pendant le déplacement dx du corps est $X\,dx$ où X est la force mécanique dans la direction des x,

$$X = -\frac{dE}{dx} = \frac{1}{2}\frac{d}{dx}\int\int\int k\,R^2\,dx\,dy\,dz$$

$$X = \frac{1}{2}\int\int\int k\,\frac{dR^2}{dx}\,dx\,dy\,dz$$

ce qui montre que l'effet de la force sur le corps est le même que si chacune des parties de ce corps tendait à se déplacer des points où R^2 est plus petit vers ceux où R^2 est plus grand avec une force égale à

$$\frac{1}{2}k\,\frac{d(R^2)}{dx}$$

par unité de volume.

Si k est négatif, comme dans les diamagnétiques, la force est dirigée ainsi que l'a démontré Faraday, des parties les plus énergiques vers les parties les moins énergiques du champ magnétique.

La formule que nous avons trouvée pour l'énergie moléculaire de déformation électrique est

$$W = \frac{1}{2}\int\int\int k\left[\left(\frac{dp}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dp}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dp}{dz}\right)^2\right] dx\,dy\,dz$$

donne lieu aux mêmes conclusions.

Pour distinguer le cas de compression de celui de l'extension élastique, il suffira de faire la convention, que l'on fait dans le magnétisme.

Si les forces sont dirigées de l'extérieur vers l'intérieur du corps, on admettra par exemple que la force est positive, ou que l'énergie est négative, Au contraire, si les forces sont dirigées de l'intérieur du corps vers l'extérieur, la direction de la force sera négative et l'énergie positive.

En résumé, la formule de l'énergie élastique, montre que l'effet des forces sur le corps se ramène à la tendance aux déplacements des points où les valeurs de R^2 sont différentés avec une intensité de

$$\frac{1}{2}k\,\frac{dR^2}{dx}$$

par unité de volume.

L'identité des formules d'énergie moléculaire élastique et d'énergie mécanique d'aimantation est évidente. Elle est d'ailleurs confirmée par l'expérience.

Maxwell a démontré que la tension mécanique dôe à l'aimantation, est

$$\frac{Q^2}{8\pi}$$

en unités absolues (C. G. S.) (dynes) par centimètre carré.

Dans cette formule Q est l'aimantation induite ou l'induction magnétique

$$Q = F + 4\pi\chi F = F + 4\pi J$$

F désignant l'intensité du champ magnétisant et J l'intensité d'aimantation qui lui correspond.

En appliquant cette formule aux données numériques maxima, on trouve que le fer travaille mécaniquement à une tension de 12 kilog. par centimètre carré, pression qui est de beaucoup inférieure à la limite élastique [1], (condition de réalité de la formule d'énergie moléculaire que nous avions posée).

Nous espérons donner, plus tard, la suite de ce premier mémoire, au cas où les forces unitaires sont supérieures à la limite élastique. Nous croyons également pouvoir en déduire des conséquences physiques qui nous permettront d'exposer une théorie du magnétisme, s'accordant avec les faits naturels, sans le secours d'aucune hypothèse nouvelle.

CH. REIGNIER

DÉTERMINATION PRATIQUE

DES ÉLECTRO-AIMANTS

Par M. E.-L. FRENCH

On sait que, si l'on porte en abscisses les ampères-tours décrits par un solénoïde autour d'un barreau de métal magnétique et en ordonnées les valeurs de l'aimantation engendrée dans le barreau, on obtient une *courbe d'aimantation*

[1] La limite élastique du fer étant, en effet, d'environ 6 à 10 kilog. par millimètre carré.

dont l'allure générale se rapproche de celle de la figure 1.

La partie de cette courbe qui s'étend de l'origine au premier point d'inflexion *a* correspond au commencement de l'aimantation. La partie *a a'*, parfois presque rectiligne, correspond à l'aimantation moyenne du barreau, dont la saturation s'accentue rapidement à partir du point *a'*, de saturation pratique, au-delà duquel l'aimantation n'augmente plus que très peu avec l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde, ou avec le nombre de ses ampère-tours.

M. *E. L. French*, reprenant après tant d'autres expérimentateurs [1] l'étude de la courbe d'aimantation, s'est attaché principalement à déterminer

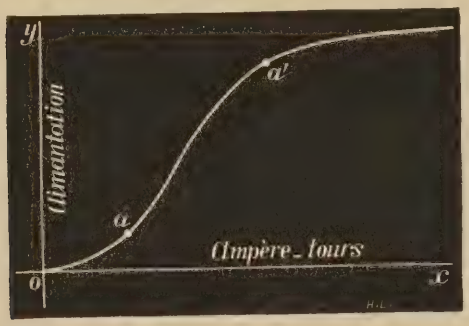


Fig. 1.

le plus exactement possible, par des méthodes analogues à celles de Rowland, le point de saturation *pratique a'*, ou, sous une autre forme, le nombre des ampères-tours qu'il est pratiquement inutile de dépasser autour d'un noyau de fer donné. Ce point est d'ailleurs difficile à saisir à

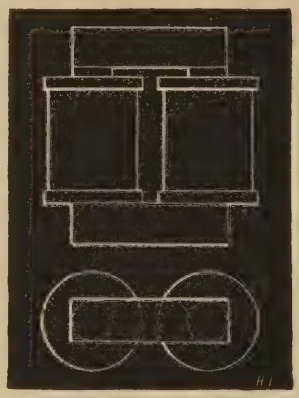


Fig. 2.

cause de la lenteur des inflexions de la courbe d'aimantation.

On commençait par déterminer ces points pour une série d'électro-aimants donnés, de même forme, ayant, chacun un noyau différent et le même enroulement, puis on traçait une courbe ayant pour abscisses les intensités des courants de saturation et pour ordonnées les diamètres des noyaux correspondants. L'équation de cette courbe permettait de déterminer les ampère-tours correspondant aux points de saturation

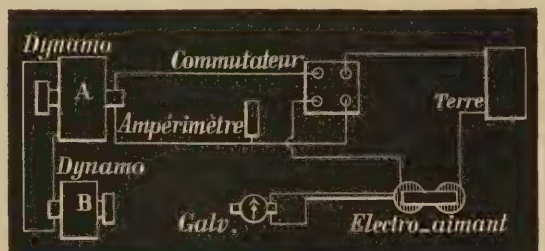


Fig. 3.

en fonction des diamètres des noyaux, et réciproquement, pour des aimants, bien entendu, de même matière et du même type que les électros soumis aux essais.

Le type des électros expérimentés est représenté par la figure 2. Les noyaux sont cylindriques à section circulaire et les armatures rectan-

(1) Notamment par Ayrton et Perry, *La Lumière Electrique*, 21 juillet 1883 ; Barrus et Strouhal, *U. S. Geological Survey*, 1885, p. 1 ; Berson, *Annales de chimie et de Physique*, vol. viii, 1886 ; *La Lumière Électrique*, 21 août 1886, p. 359 ; Bouty, *Journal de Physique*, vol. iv, 1876, p. 367 ; Gimmell, *La Lumière Électrique*, 15 mai 1886, p. 311 ; Gaugain, *Annales de Chimie et de Physique*, vol. viii, 5e série, p. 289 ; Hughes, *La Lumière Électrique*, 16 juin 1883, 6 février, 3 juillet, 18 septembre, 12 juin 1886 ; Joule, *Scientific., Papers*, p. 15, *Phil. trans.*, 1856 p. 287 ; Ledeboer, *Comptes-rendus*, 15 juin 1886, p. 1375 ; Laurent, *Handbuch des Magnetismus*, 1867 ; Lenz et Jacoby, *Pogg. Ann.*, vol. lxviii, 1839, p. 225 ; Mascart, *Comptes-rendus*, 3 mai 1886, *Journal de Physique*, juillet 1886 ; du Moncel, Détermination des éléments..., 1874, *La Lumière Électrique*, 30 avril, 7 mai 1881 ; L. Pazazzo, *Revue internationale d'Electricité*, 5 octobre et 20 novembre 1886, p. 286 et 240 ; Rowland, *Phil. mag.*, vol. xlvi, 1873, p. 140, 1874, p. 321 ; Sequard, *La Nature*, 23 juin 1883, p. 58 ; Stoletow, *Phil. mag.*, vol. xlv, 1873, p. 40.

gulaires, d'une largeur égale au diamètre des noyaux.

On employa pour les essais cinq jeux de noyaux et d'armatures en fer laminé à froid par MM. Jones et Langhleins de Pittsburg. Les plus gros noyaux pouvaient à peine passer dans les bobines, comme on le voit par les données du tableau ci-dessous.

BOBINES

Diamètre intérieur du tube.....	63,4 m. m.
Épaisseur du tube en laiton.....	20 —
Fil n° 10, en cuivre à isolement simple par la paraffine.	
Nombre de tours sur chaque bobine.....	785

NOYAUX		ARMATURES	
Diamètre	Longueur	Section	Longueur
m. m.	m. m.	m. m.	m. m.
12 2	208 5	12 2 × 12 2	183
12 2	208 5	12 2 × 12 2	183
25 2	208 8	25 2 × 24 6	196 2
25 2	208 8	25 4 × 24 6	196 2
37 6	208 2	38 × 37 4	209
37 6	208 2	38 × 36 4	209
50 3	208 2	51 × 50 2	220 4
50 3	208 2	51 × 50 2	220 4
63 4	208 8	63 2 × 63	239
63 4	208 8	63 6 × 63	239 2

Les armatures de 25,2 mm., × 24. 6 et de 25,4×24.6 étaient par exception en acier. Les bobines avaient une longueur inférieure d'un centimètre à celle des noyaux, de manière à permettre d'enrouler une petite longueur de fil fin tout auprès des pôles au-dessus des bobines.

Le courant était fourni (fig. 3) par une machine Gramme A, excitée par une dynamo Weston B. Les courants intenses étaient mesurés par un électrodynamomètre de Siemens et Halske, et les courants de faible intensité par un ampèremètre de Thomson disposé à côté du commutateur. L'électro-aimant en expérience était placé dans une pièce séparée du laboratoire, à une grande distance du galvanomètre et de la dynamo. Les enroulements de fils fins autour des pôles étaient reliés au galvanomètre.

Lorsqu'on renversait le courant, il s'induisait dans ces fils fins un courant proportionnel à la puissance de l'aimantation, et mesuré par le sinus de la moitié de l'angle de déviation de l'aiguille.

La figure 4 représente l'état des liaisons du circuit au galvanomètre au moment du renversement du courant. Le circuit induit était toujours ouvert excepté au renversement et pendant la lecture du galvanomètre, de façon à empêcher presque entièrement le galvanomètre d'être in-

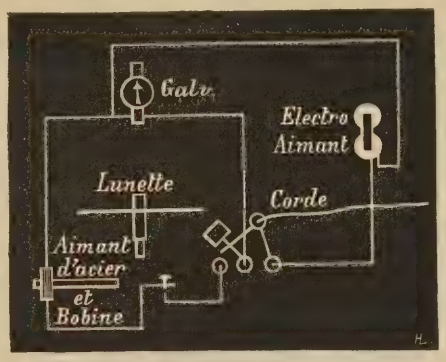


Fig. 4.

fluencé par les fluctuations du courant de la dynamo.

L'interrupteur du circuit induit était placé sur la table qui portait la lunette et l'échelle du galvanomètre, de sorte qu'il fallait employer une clef spéciale pouvant manœuvrer au moyen d'une corde en se tenant de l'autre côté de la salle, près du commutateur et de l'ampèremètre, comme l'indique la figure 5.

La dynamo fournissait, comme l'indiquait l'ampèremètre, un courant régulier, et, le galva-

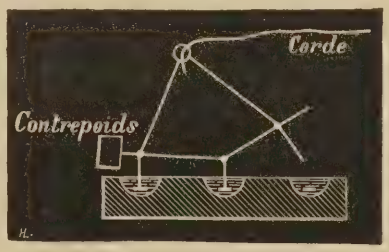


Fig. 5.

nomètre étant au repos, on fermait par la corde le circuit induit, on renversait le courant, puis on lisait le plus vite possible le premier battement du galvanomètre apériodique. Chaque point de la courbe d'aimantation était déterminé par la moyenne de quatre observations de ce genre donnant l'intensité du courant et un nombre proportionnel à la puissance de l'aimant.

Les courbes de saturation pratique ainsi déterminées pour différents aimants sont représentées par la figure 6.

M. French déterminait le courant le plus économique pour un électro donné en prolongeant la bissectrice de l'angle formé par les droites osculatrices des parties presque horizontale et rapidement ascendante de la courbe de saturation, jusqu'à son intersection avec cette courbe en un point milieu entre ceux correspondant à l'origine et au maximum pratique de l'aimantation. Cette méthode a déterminé des points semblables dans chaque courbe; le tableau ci-joint donne la valeur de ces ordonnées correspondant à différents diamètres des noyaux.

Intensité des courants	Diamètre des noyaux
0 35 ampères	15 2 m. m.
0 55 —	25 2 —
0 83 —	37 6 —
1 37 —	50 3 —
1 52 —	63 4 —

La courbe finale tracée sur la figure 5 a été obtenue en portant comme abscisses les intensités de saturation correspondant aux diamètres des noyaux portés en ordonnées. Cette courbe est définie par l'équation:

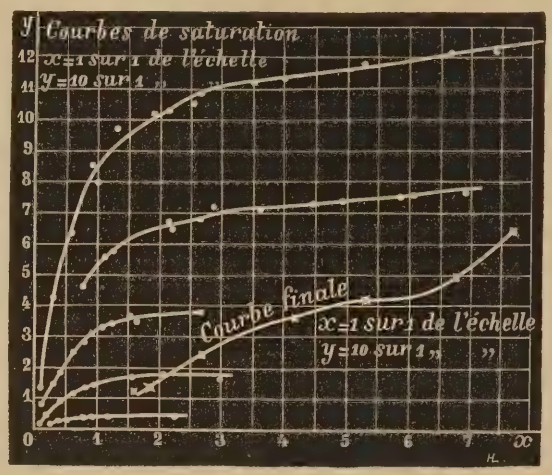
$$y = 8{,}8868\,x^4 - 25{,}80116\,x^3 + 22{,}07229\,x^2 - 0{,}93553\,x - 0{,}22125$$

ou, plus simplement, en y substituant les valeurs de x données par le tableau ci-dessus.

$$y = 9\,x^4 - 26\,x^3 + 22\,x^2 - 0{,}7\,x - 0{,}22$$

Ainsi, si l'on prend $x = 0{,}83$ ampère, on trouve 3,76 c. m. pour le diamètre du noyau qui serait aimanté au maximum de saturation pratique par un champ magnétique de $0{,}83 \times 1570$ ampères-tours; et il faut, si l'on se donne un diamètre y du noyau, en résolvant par rapport à x, multiplier la valeur de x par 1570, nombre des tours de la bobine, pour déterminer le nombre des ampères-tours correspondant à la saturation du noyau de diamètre x.

Les expériences de M. L. French ont été exécutées avec le plus grand soin au laboratoire de *Cornell University*, elles nous ont paru offrir, bien que très limitées, une importance pratique assez



considérable pour en présenter aux lecteurs de *La Lumière Electrique* un compte-rendu détaillé d'après l'*Électrical Engineer* de New-York, et l'*Electrical Rewiev* de Londres, qui les ont publiées *in extenso* (1).

GUSTAVE RICHARD

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Simultanéité entre certains phénomènes solaires et les perturbations du magnétisme terrestre, par M. E. Marchand (2).

La comparaison des observations du Soleil faites à l'observatoire de Lyon, avec les courbes de notre enregistreur magnétique du système

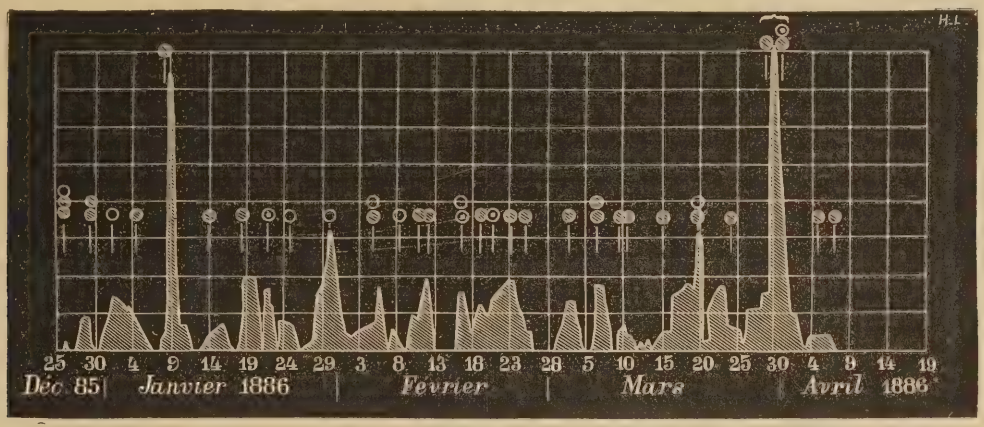
(1) *A Relation between Magnetising Force and Core of Magnet By E. L. French.* (*Electrical Review*, 31 décembre 1886).

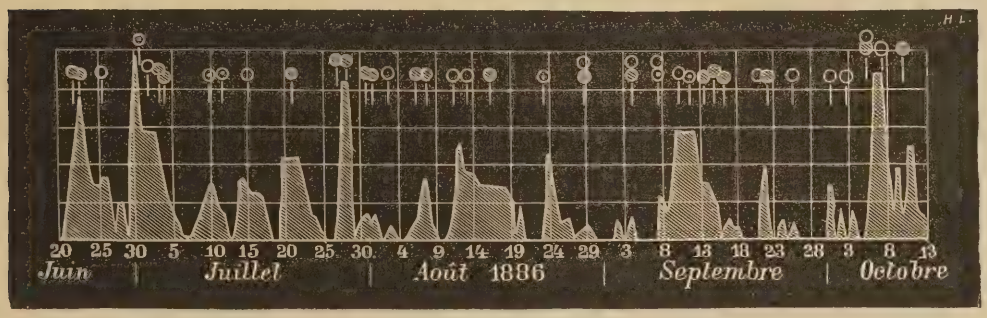
(2) Note présentée par M. Mascart, à l'Académie des Sciences, le 10 janvier 1887.

Mascart, conduit à quelques résultats intéressants.

Dans cette comparaison, faite du 1er mai 1885 au 15 octobre 1886, on a tenu compte de toutes les perturbations et l'on a mesuré, pour chacune d'elles, les écarts entre les valeurs extrêmes des éléments enregistrés : déclinaison, composantes horizontale et verticale. Ces écarts, exprimés en minutes pour la déclinaison, en millièmes de la composante considérée pour les deux autres éléments, ont été corrigés au besoin des variations diurnes régulières.

Considérons celles de ces perturbations (40) pour lesquelles l'écart en déclinaison est supérieur à 14′ ; divisons-les en quatre groupes de dix, et soient, pour chaque groupe, d, h et z la moyenne des écarts en déclinaison, composantes horizontale et verticale : les rapports $\frac{d}{h} = a$, $\frac{d}{z} = b$ ont des valeurs différentes d'un groupe à l'autre





(a varie de 3,5 à 4,3 ; b, de 16 à 20), en sorte que, en donnant à a et b leurs valeurs moyennes, on peut exprimer, dans une perturbation quelconque, deux des trois écarts considérés en unités du troisième. La somme des trois écarts ramenés à une même unité a été prise pour *mesure de l'intensité* de la perturbation.

Ceci posé, on a construit une courbe dont les ordonnées, proportionnelles aux intensités des perturbations sont élevées sur l'axe des temps, en des points correspondant aux époques des perturbations (époques marquées par les milieux de leurs durées). Cette courbe, ou mieux cette ligne brisée présente une série de maxima correspondant à des perturbations plus fortes que celles qui les précèdent ou les suivent, et *chacun de ces maxima coïncide sensiblement avec le passage d'un groupe de taches ou d'un groupe de facules à sa plus courte distance au centre du disque solaire.*

C'est ce que montrent les deux diagrammes ci-joints, dans lesquels on a indiqué, au-dessus de la courbe magnétique, les passages : 1° des groupes de taches par des cercles noirs ; 2° des facules par des cercles blancs ; 3° des facules avec pores ou taches très petites par des cercles avec un point au centre.

Le diagramme supérieur se rapporte à une

époque où les taches étaient nombreuses; le deuxième, à une période pendant laquelle le disque solaire a été observé plusieurs fois sans aucune tache, et où un assez grand nombre de maxima magnétiques correspondent à des passages de facules. Dans ce dernier cas, les facules ont été généralement observées jusqu'à une assez grande distance des deux bords; on peut en conclure qu'elles ont dû persister jusqu'au centre, bien que l'observation se soit rarement étendue jusque-là.

J'ajouterai les remarques suivantes:

1° Il ne semble pas y avoir de relation entre l'intensité des perturbations et le diamère des taches;

2° On observe à la surface du Soleil des régions, plus ou moins étendues, occupées par des facules; des taches qui s'y forment y changent d'aspect et de surface, ou même disparaissent pour se reformer parfois dans une position voisine. Certaines de ces *régions d'activité* persistent pendant plusieurs mois et, à part de très rares exceptions, chacun de leurs passages à la distance minima au centre du disque correspond, dans la courbe des perturbations, à un maximum d'intensité, d'ailleurs variable d'un passage à l'autre.

Parmi ces régions d'activité, il faut citer celle à laquelle se rattachent les grandes perturbations du 9 janvier et du 30 mars 1886 (diagramme supérieur): elle a reparu deux fois dans l'intervalle de ces dates et deux fois après le 30 mars; mais les maxima de la courbe magnétique correspondant à ces quatre derniers retours sont beaucoup moins marqués que les deux autres. A toutes ses apparitions, excepté à la dernière, cette région renfermait des taches; mais, au 9 janvier, un premier groupe de taches assez étendues s'y était formé depuis peu, et de même, au 30 mars, un second groupe venait d'y apparaître en arrière du premier.

Il n'est pas inutile de remarquer encore que, très souvent, deux perturbations, que la *simple inspection* des courbes de l'enregistreur Mascart indique comme *fortes*, sont séparées par un intervalle sensiblement égal à un multiple de la durée de rotation apparente du Soleil; c'est ce qui a lieu, par exemple, en 1886, pour celles des 9 janvier et 30 mars (80 jours), des 22-23 juin et 11 septembre (81 jours), des 29-30 juin et 27-28 juillet (28 jours), des 11 septembre et 6-7 octobre (27 jours).

De ce qui précède, on conclut qu'il existe une relation directe entre les perturbations du magnétisme terrestre et les déplacements, par rapport à nous, de certains des éléments solaires accompagnant les taches et les facules.

Sur la valeur actuelle des éléments magnétiques à l'observatoire du Parc Saint-Maur, par M. Th. Moureaux (1).

Les observations magnétiques ont été poursuivies en 1886, à l'observatoire du Parc Saint-Maur, avec les mêmes appareils et d'après les mêmes méthodes que les années précédentes (2). Les variations de la déclinaison et des deux composantes de la force terrestre sont enregistrées photographiquement au magnétographe de M. Mascart. La sensibilité des appareils n'a pas été modifiée en 1886; elle est vérifiée régulièrement deux fois par mois. Sur la feuille sensible, 1 millimètre d'ordonnée égale 1',39 pour le déclinomètre, 0,00046 H pour le bifilaire et 0,00019 Z pour la balance magnétique.

Des mesures absolues, fréquemment répétées, permettent d'établir et de vérifier, pour chaque élément, les valeurs correspondant aux repères des courbes de variations. Pour déterminer le méridien géographique, on a continué de se repérer sur le paratonnerre d'un pavillon situé à Nogent-sur-Marne, à 3700 mètres de l'observatoire, dans la direction du nord-nord-ouest. L'azimut de ce repère, déduit d'un grand nombre de mesures effectuées à différentes époques, et calculé à partir du nord par l'est, est de 343 degrés 17 minutes.

Les valeurs absolues des éléments magnétiques au 1er janvier 1887, déduites de la moyenne des observations horaires relevées au magnétographe pendant les journées du 31 décembre 1886 et du 1er janvier 1887, qui n'ont pas eu de perturbation, sont les suivantes:

Déclinaison occidentale	15°57',2
Inclinaison	65°15',6
Composante horizontale	0,19443
Composante verticale	0,42196
Force totale	0,46460

(1) Note présentée par M. Mascart à l'Académie des Sciences, le 10 janvier 1887.

(2) *Comptes rendus*, t. C, p. 134, 1885; et t. CII, p. 66, 1886.

L'observatoire est situé par 0 degré 9'23" de longitude est et 48 degrés 48'34" de latitude nord.

Sur les suspensions en fil de cocon, et leur constante de torsion, par Th. Gray.

Les suspensions en fil de cocon, simples ou bifilaires, sont actuellement employées d'une manière universelle, pour la plupart des instruments de précision, tels que les galvanomètres, les magnétomètres ou les électromètres, du moins dans tous les cas, ou la résistance à la torsion de la suspension ne doit pas entrer en jeu ou être très faible.

Dans une note publiée dans le *Philasophical Magazine* (décembre 1886), un savant anglais connu par ses travaux sur le magnétisme, M. Bosanquet, émettant l'opinion assez singulière que ce mode de suspension ne se prêtait absolument pas à des expériences exactes, à cause des irrégularités de son élasticité, et de certaines déviations soudaines qu'il avait observées dans un magnétomètre, et qu'il rapportait à des variations brusques dans l'état hygrométrique du fil, donnant lieu ainsi à des torsions.

M. Gray, le chef du laboratoire de S. W. Thomson àl'Université de Glasgow, est revenu sur ce sujet dans le même journal (1), en s'étonnant à bon droit des conditions singulières ou s'était placé M. Bosanquet, en suspendant à un fil de soie *tordu* un poids voisin de la limite de charge.

D'après M. Gray, une aiguille de galvanomètre ne doit jamais être assez lourde pour excéder la force d'une simple fibre de soie (c'est-à-dire d'un demi fil de cocon) ; avec un poids de 2 grammes on est encore très loin de la rupture, et avec une masse de forme convenable, on peut obtenir des périodes d'oscillation de plusieurs minntes s'il le faut.

Avec un fil semblable, même en employant un équipage presque astatique, il y aura certainement des variations de zéro, dues à l'effet des torsions continues, mais rien de semblable au phénomène présenté par un fil formé de plusieurs fibres tordues.

M. Gray a fait un certain nombre de déterminations de la constante de torsion de ces fibres de cocon, nous pensons que ces données peuvent présenter un certain intérêt.

La constante qu'il s'agit de déterminer n'est pas le coefficient d'élasticité transversale ou à la torsion de la matière du fil ; l'examen au microscope, montre, en effet, que la section n'est pas circulaire, et en outre, qu'elle est très variable, il y a donc lieu de considérer une autre constante qui est du reste celle qui entre immédiatement dans tous les calculs, soit le moment de torsion de l'unité de longueur du fil correspondant à un angle égal à l'unité ; on peut l'appeler si l'on veut, le *coefficient de rigidité à la torsion du fil considéré.*

L'auteur emploie deux méthodes ; la première consiste à déterminer cette constante au moyen de la période d'oscillation d'une masse non magnétique suspendue à un fil de soie.

Dans la seconde méthode, on mesure au contraire la déviation permanente que subit un aimant soumis au champ terrestre, sous l'action d'une torsion déterminée par la rotation de la pince qui supporte le fil ; ce coefficient se calcule alors aisément en fonction du champ magnétique du moment de l'aiguille, de la déviation et de la torsion.

Les deux tableaux suivants se rapportent à des mesures faites d'après ces deux méthodes.

Méthode des oscillations (1)

Masse suspendue en grammes	Rayon de gyration en centimètres	Longueur du fil en centimètres	Diamètre moyen en centimètres	Période d'oscillation	Coefficient de rigidité à la torsion pour une longueur de 1 centimètre (en C. G. S.)
0 0274	0 20	8 60	0 0008	29"	0 00096
0 0114	0 29	8 60	0 0010	16"	0 00132

(1) *Ph. Mag.*, janvier 1887, vol. 23, n° 140, p. 46.

(1) La période d'oscillation (double) étant donnée par la formule :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{G : l}}$$

où I est le moment d'inertie ($m\rho^2$), G la constante considérée et l la longueur du fil, G se calculera au moyen de l'expression :

$$G = l\frac{m\rho^2}{T^2}4\pi^2$$

E. M.

Méthode des déviations

Longueur du fil	Diamètre	Déviation correspondant à une rotation de 2 π	Distance du miroir à l'échelle	Coefficient de rigidité à la torsion	Module d'élasticité
		m. m.	c. m.		
9 05	0 001	8 0	117 0	0 00143	75 4
9 20	0 0009	8 0	117 0	0 00090	61 3
8 45	0 00145	21 0	117 0	0 00216	65 6
9 55	0 0015	21 5	117 0	0 00250	73 5

Les déviations se mesurent au moyen d'un miroir et d'une échelle divisée en millimètres.

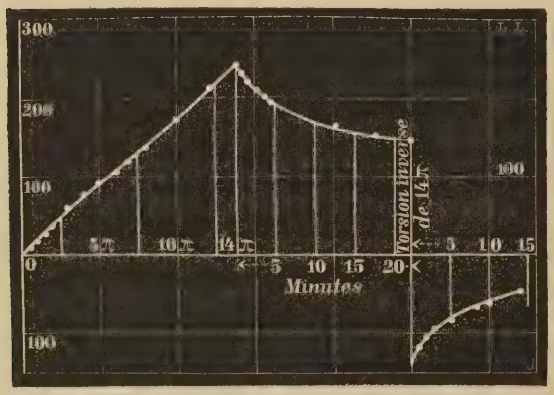


Fig. 1.

La dernière colonne donne en outre des nombres proportionnels au coefficient d'élasticité longitudinale, obtenus en divisant le poids tenseur (en grammes) par l'allongement rapporté à l'unité de longueur.

Les rotations étant beaucoup plus grandes que les déviations, on peut considérer ces derniers angles comme égaux aux torsions réelles subies par l'extrémité du fil.

La courbe ci-jointe qui se rapporte à une des séries d'expériences, montre que les déviations sont très sensiblement proportionnelles aux rotations, alors même que l'on dépasse la limite d'élasticité.

Les ordonnées de la courbe représentent les déviations (qu'on peut considérer dans ce cas comme proportionnelles aux moments de torsion) et les abscisses, les rotations de la partie supérieure du fil.

Pour les déviations, il faut prendre garde, que, la limite d'élasticité étant dépassée, le temps intervient, le moment de torsion correspondant a un même angle de torsion, diminuant avec le temps; la déviation diminue graduellement; c'est ce que montre la seconde partie de la courbe, relative à la relation entre le temps et la déviation de l'appareil abandonné à lui-même. Le fil étant détordu de la torsion extrême (14 π) revient alors en sens inverse, en tendant vers son état primitif.

Lorsqu'un galvanomètre est assez sensible pour que le moment directeur dû au fil entre en jeu, il y a naturellement des variations de zéro dues à l'action continue de la torsion, et dont il est

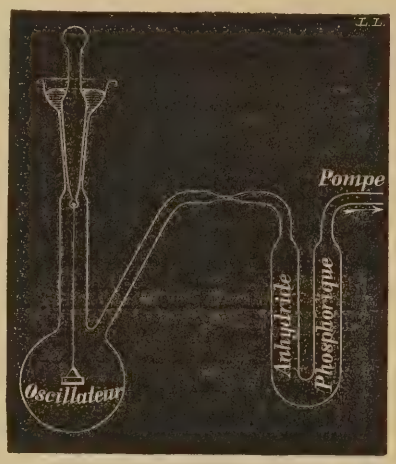


Fig. 2.

difficile de tenir compte exactement dans les lectures, mais, sauf dans des cas spéciaux, (galvanomètre dead-beat de Thomson avec champ très faible), cette action est peu considérable, et en tout cas, elle est absolument régulière.

Au moyen des données précédentes, on peut se rendre compte des cas où la rigidité du fil de suspension entre en jeu relativement à la sensibilité d'un galvanomètre.

Si i est le courant circulant dans la bobine d'un galvanomètre astatique, k une constante, m et m' les moments des deux aiguilles de l'équipage, H et H' les valeurs correspondantes du champ, τ le coefficient de rigidité du fil et θ les déviations, on aura approximativement :

$$i = k \left\{ \frac{H\,m - H'\,m'}{m + m} \operatorname{tang} \theta + \frac{\tau\,\theta}{(m + m') \cos \theta} \right\}$$

pour un équipage absolument astatique et pour de

petites déviations, cette expression devient :

$$i = K\theta\left(\frac{H - H'}{2} + \frac{\tau}{2m}\right)$$

On voit que la suspension entre en jeu quand le terme $\frac{\tau}{m}$ est comparable à $H - H'$.

Dans un galvanomètre très sensible, $H - H'$ est souvent réduit à environ 0,001 ; m est souvent voisin de l'unité dans les appareils considérés, donc il faut que τ soit beaucoup plus petit que 0,001. D'après les tables précédentes, et pour une longueur de 5 centimètres on a $\tau = 0{,}0003$; il en résulte que le quart seulement du moment directeur est dû à la fibre ; c'est la limite de sensibilité qu'on peut pratiquement atteindre avec le galvanomètre astatique ordinaire de Thomson.

Pour l'augmenter, il faut alors augmenter m ; mais en tout cas on est bien loin des sensibilités que l'on pourrait obtenir avec un fil métallique comme suspension ; la limite d'intensité mesurable étant de 10^{-9} à $0{,}2\ 10^{-10}$ ampère.

M. Gray a fait en outre avec l'assistance de M. Bottomley, d'intéressantes expériences d'oscillations dans le vide.

La figure 2 indique suffisamment l'appareil employé ; le vide était obtenu au moyen d'une pompe Sprengel.

Les chiffres du tableau suivant montrent bien le peu d'influence des frottements intermoléculaires, ou de l'imparfaite élasticité du fil (*viscosity*) par rapport à l'amortissement produit par l'air.

Longueur du fil en centimètres	Diamètre	Période d'oscillation	Pression de l'air en atmosphères	Nombre total d'oscillations observables (amplitudes variant de 60 à 10 degrés)	Coefficient de rigidité à la torsion
3 65	0 0015	12 5	1 000	5	0 00110
»	»	11 92	$7\ 45 \times 10^{-3}$	7	»
»	»	11 83	$8\ 35 \times 10^{-6}$	15	»
»	»	11 63	$0\ 53 \times 10^{-6}$	40	»
»	»	11 57	$0\ 13 \times 10^{-6}$	50	»
»	»	11 61	$0\ 13 \times 10^{-7}$	50	»

Dans une des expériences, il a été possible d'observer les oscillations pendant plus de 14 heures ; ce petit appareil constitue ainsi une sorte de pendule, qui pourrait rendre des services dans certaines expériences.

E. M.

Sur les variations de la résistance électrique de l'antimoine et du cobalt dans un champ magnétique, par le Dr Jaé (1).

Dans une série de recherches sur la variation de la résistance électrique de quelques corps dans un champ magnétique, je suis parvenu à des résultats que je crois nouveaux et de quelque intérêt relativement à l'antimoine et au cobalt. En me réservant de rapporter en détail mes recherches, aussi bien que les méthodes et les instruments employés, je crois utile, maintenant, d'en faire une communication préventive.

On sait, particulièrement par les recherches de M. Thomson et de M. Righi, que le magnétisme exerce une influence sensible sur la résistance électrique du fer et du nickel et plus encore sur celle du bismuth (2). Eu égard aux coefficients rotatoires trouvés par M. Hall, Righi et autres, et en réfléchissant aux explications données à ce propos, l'idée vient spontanément à l'esprit qu'il doit y avoir une certraine relation entre les coefficients de Hall et la variation de résistance électrique dans un champ magnétique.

D'autre part, la manière différente de se comporter du fer et du bismuth dans un champ magnétique, paraît en relation avec le fait, que le premier de ces deux métaux est paramagnétique, tandis que le second est diamagnétique. Guidé par ces considérations et par d'autres, que je n'exposerai pas ici, j'ai entrepris l'étude de quelques corps. Les résultats obtenus par mes expériences s'accordent parfaitement avec mes prévisions.

Le cobalt et l'antimoine n'ont paru, avant tout, dignes d'une étude spéciale (3). On sait que le

(1) Note parue dans les *Atti del R. Instituto Veneto;* S. VI., J. V. et communiquée par l'auteur.

(2) Des expériences faites par moi m'ont conduit à des résultats qui sont d'accord avec ceux de Thomson pour le nickel et avec ceux de Righi pour le bismuth.

(3) Et aussi le manganèse ; mais je n'ai pas encore réussi à l'avoir pur et dans la forme voulue.

premier occupe la troisième place dans la série des métaux paragnamétiques, tandis que le second se trouve immédiatement après le bismuth dans la série des métaux diamagnétiques.

J'ai étudié l'antimoine sous la forme de cylindres minces, obtenus en fondant le métal dans un creuset de terre réfractaire et en l'aspirant dans des petits tubes de verre. Le verre était enlevé en le soumettant à des refroidissements et à des réchauffements successifs.

Aux extrémités des petits cylindres d'antimoine, ainsi obtenus, je soudai à l'étain deux gros fils de cuivre, qui étaient destinés à établir les communications avec le circuit.

Je décrirai, comme j'ai dit, à une autre occasion, la méthode que j'ai adoptée dans la mesure des variations de résistance. Je ferai seulement remarquer qu'elle était analogue à celle de Matthiessen et Hockin, sauf quelques modifications dûes à des circonstances spéciales et au but de mes recherches. J'obtenais le champ magnétique avec le grand électro-aimant de Ruhmkorff, excité par une série d'éléments Bunsen ou par une machine dynamo-électrique.

Le résultat auquel je suis parvenu quant à l'antimoine, a été une augmentation de sa résistance électrique, quel que soit le sens du courant par rapport aux lignes de force. En outre, je crois pouvoir avancer que, pour la même intensité du champ, l'augmentation correspondant à la direction transversale est plus grande que celle que l'on obtient avec la direction longitudinale.

Quant au cobalt, j'ai étudié ce corps sous la forme de lame mince, obtenue par l'électrolyse du chlorure et en faisant déposer le métal sur une plaque formée, avec un mélange de graphite et de stéarine, de la manière indiquée par Righi [1]. En deux points situés aux extrémités de cette lame, je soudai à l'étain, avant de la détacher de la plaque, deux gros fils de cuivre, reliés invariablement entre eux par un morceau d'ébonite. Ces fils étaient destinés à établir les communications avec le circuit. En chauffant avec précaution la plaque, je détachai la petite lame de cobalt, nettoyée ensuite en la plongeant dans de l'acool bouillant. Avec un support mobile je pouvais disposer très aisément la plaque dans le champ magnétique et lui donner une orientation quelconque, relativement aux lignes de force. A la suite d'un grand nombre d'expériences j'ai été conduit à établir que :

a) Lorsque la lame de cobalt est disposée dans le champ magnétique de manière que son plan soit normal aux lignes de force, il se présente une diminution de sa résistance électrique.

b) Lorsque la lame est disposée parallèlement aux lignes de force, et de manière que le courant ait cette même direction, il se présente une augmentation de sa résistance électrique.

Donc, en faisant abstraction de l'intensité des effets observés, l'antimoine se comporte dans le même sens que le bismuth, suivant M. Righi, et le cobalt dans le même sens que le nickel et le fer, suivant M. Thomson.

Je ne parlerai pas ici d'expériences analogues que j'ai faites sur d'autres corps, car les résultats obtenus ne sont pas encore définitifs. Je m'en occuperai prochainement, en examinant aussi ceux obtenus par les divers expérimentateurs.

En attendant, je remercie très vivement M. le professeur Righi, qui ayant bien voulu m'encourager dans ce travail, m'a donné aussi tous les moyens nécessaires pour le mener à bonne fin dans l'Institut de physique dirigé par lui.

[1] *Mém. dell' Acc. di Bologna*, (4), V., 1883, p. 122 ; N. Cimento (3), XV., 1884. p. 140.

Photographies d'éclairs, par M. H. Kayser [1].

Les premières photographies d'éclairs paraissent avoir été obtenues en 1883.

L'appareil photographique étant réglé pour l'infini, une plaque sensible peut être exposée la nuit, vers une région arbitraire du ciel, et demeurer en expérience pendant un temps quelconque : tous les éclairs produits dans cette région seront imprimés sur la plaque.

Les photographies de M. Kayser ont été obtenues à Berlin, en juillet 1884. Elles montrent un grand nombre d'éclairs ramifiés et sous-ramifiés.

L'auteur appelle particulièrement l'attention sur un éclair formé de quatre traits de grosseur différente, parallèles dans toutes leurs sinuosités,

[1] *Journal de Physique*, d'après *Wiedemann's annalen*. t. XXV, page 131-136.

de largeur et d'éclat décroissants du premier au quatrième; M. Kayser pense qu'il faut attribuer cette apparence à une décharge oscillante opérée entre un nuage et le sol. L'éclair paraît s'être produit à 350 mètres de l'appareil; en admettant cette distance, on trouve, d'après les dimensions de l'image, que l'éclair avait 300 mètres de long et que le trait principal occupait, avec son auréole, une section de 28 mètres.

Si l'on admet que le *canal de l'éclair* s'est déplacé avec la vitesse du vent, qui était d'environ 8,5 m. par seconde, les durées écoulées entre les décharges successives seraient $0^s,362$, $0^s,041$ et $0^s,074$: la décharge totale aurait duré moins d'une demi-seconde.

L'auréole du trait principal présente un grand nombre de stries parallèles très régulières, dirigées normalement à ce trait et vers les traits secondaires. M. Kayser ne trouve aucune interprétation satisfaisante de cette apparence particulière.

Sur la résistance électrique du cuivre aux très basses températures, par M. S. Wroblewski (1).

Ce travail a été publié postérieurement au mémoire de MM. Cailletet et Bouty (2) sur la sur la résistance des métaux aux basses températures.

Utilisant les grands froids produits par l'éthylène, l'oxygène et l'azote liquides, M. Wroblewski a pu refroidir jusqu'à — 201 degrés des spirales de cuivre recouvert de soie, plongeant directement dans les liquides réfrigérants. Il a trouvé que la résistance du cuivre décroît plus vite que la température absolue ; à — 201 degrés elle ne serait plus que la dixième partie environ de la résistance à o degré.

Sur la conductibilité électrique et le coefficient de température du mercure solide, par C.-L. Werbe (3).

Ces recherches, publiées postérieurement au travail de MM. Cailletet et Bouty (1), n'ont été poussées que jusqu'à — 55 degrés. Elles ont donné, pour la résistance du mercure solide, supposé ramené à o degré, le nombre

$$s_0 = 0,2799$$

en prenant pour unité la résistance du mercure liquide à o degré ou, ce qui revient au même, pour sa conductibilité à o degré,

$$\lambda_0 = 3,572$$

en prenant pour unité la conductibilité du mercure à o degré.

Le coefficient moyen de variation de la résistance du mercure liquide avec la température de o degré à — 30 degré serait 0,000927 ; celui du mercure solide, 0,004549. Ce dernier nombre doit être assez mal déterminé à cause du faible intervalle de température d'où il est déduit : il en est de même des valeurs de λ_0 et s_0 dont le calcul exige la connaissance de cet élément.

La loi de Joule est-elle rigoureusement applicable aux électrolytes, par H. Jahn (2).

I. De nombreux travaux avaient déjà établi que la loi de Ohm est rigoureusement applicable aux électrolytes. Les expériences de M. Jahn confirment, une fois de plus, son exactitude.

La méthode employée consiste à déterminer : 1° l'intensité I du courant qui traverse un voltamètre; 2° la différence de potentiel V aux deux bornes de l'appareil; 3° la quantité de chaleur Q dégagée par le courant dans le voltamètre. On se place dans des conditions où la polarisation des électrodes est négligeable. Soit r la résistance liquide; le quotient $\frac{Q}{I^2 r} = \frac{Q}{IV}$ doit être constant, quel que soit I, et sa valeur représente l'équivalent mécanique de la chaleur.

On mesure Q avec le calorimètre de glace de M. Bunsen; V à l'aide d'un circuit secondaire comprenant un galvanomètre à long fil et dont la

(1) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen* t. XXVI, page 27-31.

(2) Cailletet et Bouty, *Comptes rendus*, t. C. p. 1188.

(3) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXV, pages 245-252.

(1) *Comptes rendus*, t. C, page 1188, mai 1885.

(2) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXV, pages 49-71.

résistance est assez grande (200000 à 400000 unités Siemens) pour que la fermeture de ce circuit ne modifie pas l'intensité du courant principal; enfin I est donné par un galvanomètre à fil court, placé dans le circuit principal. Les deux galvanomètres sont tarés à l'aide d'un élément normal, de manière que leurs indications puissent être transformées en mesures absolues.

Des expériences préliminaires ont été exécutées en remplaçant le voltamètre par un fil de platine; elles ont donné, pour l'équivalent mécanique, la valeur 430,56 kgm. La méthode se trouvant ainsi vérifiée, on a employé un voltamètre à sulfate de cuivre avec électrodes de cuivre, un voltamètre à sulfate de zinc avec électrodes de zinc, et vérifié que le quotient $\alpha = \frac{Q}{IV}$ présente très sensiblement la même valeur qu'avec les résistances métalliques.

II. Si, dans le voltamètre à sulfate de cuivre, on remplace l'électrode positive de cuivre par une électrode de platine, le travail du courant dans le voltamètre comprend, outre le travail calorifique, le travail chimique correspondant à la décomposition du sulfate de cuivre. La quantité de chaleur nécessaire pour décomposer un équivalent de ce sel étant connue, on peut vérifier que la somme de la chaleur dégagée dans le voltamètre en vertu de la loi de Joule et de la chaleur équivalente au travail chimique, représente la totalité du travail électrique IV consommé dans le voltamètre. Inversement et en adoptant pour l'équivalent mécanique de la chaleur α le nombre obtenu avec les résistances métalliques, on peut prendre pour inconnue la chaleur nécessaire pour décomposer un équivalent de sel. Les expériences réalisées avec le sulfate de cuivre, le sulfate de zinc et l'eau acidulée ont donné, ponr la chaleur chimique, des nombres très voisins de ceux que M. Thomsen a déterminés directement; cependant pour le sulfate de cuivre, la chaleur calculée se trouve de 1/30 environ plus forte que la chaleur observée.

Production de l'ozone, du bioxyde d'hydrogène et de l'acide persulfurique dans l'électrolyse de l'acide sulfurique étendu, par F. Richarz (1).

Le dosage de l'ozone a été opéré par le déplacement de l'iode de l'iodure de potassium; l'iode était lui-même titré avec l'hyposulfate de soude, en présence de l'amidon. Réactions :

$$2\,KI + O^6 = 2\,KO + 4\,O + 2\,I$$

$$2\,Na\,O,\,S^2\,O^2 + I = Na\,I + Na\,O,\,S^2\,O^5$$

Parmi les réactions de l'acide persulfurique, indiquées par M. Berthelot, M. Richarz s'arrête à celle du sulfate de fer

$$4\,Fe\,O\,SO^3 + S^2\,O^7 = 2\,(Fe^2\,O^3,\,3\,SO^3)$$

On emploie une dissolution de sulfate de fer, dont on estime le titre avant et après l'opération, à l'aide du permanganate de potasse. L'eau oxygénée agissant comme l'acide persulfurique sur le sulfate de fer, celle-ci doit être titrée séparément par le permanganate de potasse, dans une dissolution étendue

$$KO,\,Mn^2\,O^7 + 5\,H\,O^2 = K\,O + 2\,Mn\,O + 5\,H\,O + 10\,O$$

La plupart des expériences ont été réalisées avec de l'acide sulfurique d'un poids spécifique égal à 1,209; les électrodes étaient formées de deux fils de platine tendus verticalement l'un au-dessus de l'autre dans un tube cylindrique refroidi dans la glace, l'électrode positive au-dessus de la négative. Avant chaque épreuve, on amenait au rouge l'électrode positive pour en dégager toute trace de gaz, et l'on remplaçait le liquide en ayant bien soin d'en employer toujours la même quantité. Grâce à ces précautions, on a pu obtenir avec quelque certitude les résultats suivants :

Au degré de concentration employé il ne se produit pas d'eau oxygénée en quantité appréciable et la quantité d'ozone est toujours très faible par rapport à celle d'acide persulfurique.

L'acide persulfurique formé à l'électrode positive est partiellement réduit à l'électrode négative. La quantité M de cette substance qui existe dans la liqueur à un moment donné t paraît représentée par la formule

$$M = A\,(1 - e^{-nt})$$

elle tend donc vers un certain maximum, quand la durée de l'expérience croît indéfiniment.

(1) *Journal de Phsysique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXIV, p. 183-209.

La quantité d'acide persulfurique produite par le passage d'une quantité donnée d'électricité croît avec la densité du courant, tant que l'élévation de température que ce courant produit est négligeable. La quantité d'ozone croît plus rapidement encore.

Des expériences faites avec de l'acide sulfurique à divers degrés de concentration établissent que l'eau oxygénée ne commence à apparaître que quand l'acide est suffisamment concentré (60 pour 100 d'acide) ; on en obtient le plus possible avec une liqueur contenant 80 pour 100 d'acide. Le rapport de l'eau oxygénée à l'acide persulfurique croît avec la concentration. La quantité d'ozone paraît plus faible dans le cas des liqueurs concentrées. Tous les résultats relatifs à l'ozone sont d'ailleurs assez incertains.

Dans toutes les expériences on constate un déficit en oxygène par rapport à la quantité calculée d'après la déviation d'une boussole des tangentes placée dans le circuit. Ce déficit dépend de l'absorption de gaz tonnant, exercée par les électrodes, et de la réduction de l'acide persulfurique. Les lois en paraissent fort compliquées.

Relation de l'effet Peltier à l'effet utile des éléments galvaniques, par A. Gokel (1)

L'objet principal de ce Mémoire est la vérification expérimentale de la théorie de Helmholtz, bien connue des lecteurs de ce Journal (2). On sait que, si la chaleur correspondant aux réactions chimiques dont un élément galvanique est le siège diffère de celle qui est utilisée dans le circuit, la force électromotrice de l'élément varie avec la température, et la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'élément pour maintenir sa température constante pendant le passage de la quantité d'électricité $d\varepsilon$ a pour expression $T \frac{dE}{dt} d\varepsilon$,

Éléments (1)		$\frac{dE}{dt}$	Effet Peltier	Chaleur secondaire
Zn, $Zn\,Ac$	$Cu\,Ac$, Cu.....	— 0 000025	+ 0 60	+ 3 6
Zn, $Zn\,Ac$	$Pb\,Ac$, Pb.....	— 0 000444	+ 12 00	+ 19 0
Zn, $Zn\,Ac$	$Cd\,Ac$, Cd.....	— 0 000190	+ 5 00	0 0
Cd, $Cd\,Ac$	$Pb\,Ac$, Pb.....	— 0 000275	+ 7 20	+ 18 7
Cd, $Cd\,Ac$	$Cu\,Ac$, Cu.....	+ 0 000157	— 4 00	+ 3 6
Pb, $Pb\,Ac$	$Cu\,Ac$, Cu.....	+ 0 000385	— 10 26	— 14 0
Zn, $Zn\,SO^4$	$Cu\,SO^4$, Cu.....	+ 0 000034	— 0 85	0 0
Zn, $Zn\,I^2$	$Cd\,I^2$, Cd.....	— 0 000090	— 2 40	+ 9 7
Zn, $Zn\,Br^2$	$Cd\,Br^2$, Cd.....	— 0 000028	+ 0 73	+ 10 2
Zn, $Zn\,Cl^2$	$Ag\,Cl$, Ag.....	— 0 000419	+ 11 30	+ 12 2 — 15
Cd, $Cd\,Cl^2$	$Ag\,Cl$, Ag	— 0 000252	+ 6 88	»
Zn, $Zn\,Br^2$	$Ag\,Br$. Ag.....	— 0 000273	+ 7 28	+ 11 2
Cd, $Cd\,Br^2$	$Ag\,Br$, Ag.....	— 0 000171	+ 4 56	+ 3 1
Zn, $Zn\,I^2$	$Ag\,I$, Ag.....	— 0 000188	+ 5 00	+ 7 1
Zn, $Zn\,Cl^2$	$Hg^2\,Cl^2$, Hg.....	+ 0 000113	— 2 90	— 41 6
Cd, $Cd\,Cl^2$	$Hg^2\,Cl^2$, Hg.....	+ 0 000106	— 2 80	— 44 1
Cd, $Cd\,Br^2$	$Hg^2\,Br^2$, Hg.....	+ 0 000141	— 3 76	— 62 8
Zn, $Zn\,I^2$	$Hg^2\,I^2$, Hg	+ 0 000341	— 8 90	— 45 8
Cd, $Cd\,I^2$	$Hg^2\,I^2$, Hg	+ 0 000397	— 7 90	— 53 5

où T représente la température absolue, E la force électromotrice de l'élément. Cette expression coïncide avec celle qui, d'après Thomson, représente l'effet Peltier, et dont j'ai autrefois vérifié l'exactitude (2) pour le cas des forces électromotrices thermo-électriques au contact des métaux et des dissolutions salines.

Cela posé, M. Gokel mesure les forces électromotrices thermo-électriques au contact des métaux et des liquides par un procédé sensiblement identique à celui que j'ai employé (3) ; il détermine

(1) Ac signifie acide acétique.

(2) Bouty, *Journal de Physique*, [1], t. IX, p. 386.

(1) *Journal de physique*, d'après les *Widemann's Annalen*, t. XXIV, p. 618-642.

(2) Helmholtz, *Journal de Physique*, [2], t. III, p. 396. Czapski, t. IV. p. 578.

(3) *Ibid.*, p. 229.

aussi la force électromotrice thermo-électrique au contact de deux liquides et, comme la force électromotrice thermo-électrique au contact des métaux est négligeable et d'ailleurs suffisamment connue, il est en mesure de calculer la force électromotrice thermo-électrique totale d'un élément, d'où il déduit l'effet Peltier résultant à l'aide de la formule de Thomson. Il en compare la valeur à la différence de la chaleur chimique totale et de la chaleur utilisée ; cette différence, connue sous le nom de *chaleur chimique secondaire*, est fournie par les recherches de M. Braun (1). C'est d'ailleurs à l'instigation et sous les yeux de ce savant que le travail de M. Gokel a été entrepris.

Les tableaux précédents resument les résultats obtenus.

On voit qu'il y a concordance quant au signe entre la valeur de l'effet Peltier et la chaleur secondaire ; mais les valeurs numériques sont très différentes. Le plus souvent, la chaleur secondaire est bien supérieure à l'effet Peltier. C'est ce qui paraît aussi résulter du travail de M. Czapski (2).

Je serais porté à croire que, dans bien des cas, le désaccord tient à la formation, à la surface des électrodes, de couples locaux dont la chaleur se dépense sur place et s'ajoute à la chaleur correspondant à l'effet Peltier proprement dit. Ce sujet important appelle évidemment de nouvelles recherches.

Sur les conducteurs flexibles soumis à des actions magnétiques, par R. Lamprecht. (3).

L'auteur démontre en particulier les théorèmes suivants :

La courbe que forme un conducteur flexible sous l'influence d'un pôle de solénoïde est la figure la plus courte à la surface d'un cône circulaire droit dont le sommet coïncide avec le pôle.

La courbure est d'autant plus faible que les points de la courbe considérés sont plus éloignés du pôle.

(1) Braun, *Wied. Ann.*, t. XVII, p. 593 ; 1882.

(2) *Journal de Physique*, [2], t. IV, p. 578.

(3) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXV, p. 71-80.

Sur la rotation électromagnétique des liquides, par Ed. Riecke (1)

M. Riecke a expérimenté sur le sulfate de zinc ; ce liquide formait une couche cylindrique annulaire plate limitée par deux glaces de verre et deux électrodes de zinc cylindriques et concentriques. Le système ainsi constitué étant posé au-dessus du pôle d'un électro-aimant vertical, dès qu'on fermait le courant à travers le liquide, celui-ci se mettait à tourner ; des parcelles de cire à cacheter, immergées dans sa masse, permettaient de constater la rotation et de mesurer la vitesse angulaire moyenne, à diverses distances de l'axe, quand le régime permanent était établi.

Les valeurs ainsi obtenues ont été comparées aux valeurs théoriques. Pour trouver celles-ci, M. Riecke écrit les équations ordinaires de l'Hydrodynamique, dans le cas où le frottement intérieur n'est pas négligeable, et il y remplace les composantes de la force à laquelle se trouve soumis un élément de volume par leurs valeurs, fournies par les lois de l'Electrodynamique. M. Riecke suppose de plus que les composantes de la vitesse sont assez faibles pour qu'on puisse négliger leurs puissances supérieures à 1. L'accord général de la théorie et de l'expérience est satisfaisant : les irrégularités des nombres observés s'expliquent suffisamment par les conditions imparfaites dans lesquelles les mesures de vitesse doivent être effectuées.

Sur la mesure de l'intensité des courants, par E. Kittler (2).

Le procédé de M. Kittler consiste essentiellement à faire passer le courant dont on veut connaître l'intensité dans un fil AB assez gros et assez long : 1° pour ne pas s'échauffer sensiblement par le passage du courant le plus intense ; 2° pour présenter à ses extrémités une différence de potentiel suffisante, même avec les courants les plus faibles que l'on compte employer. Une dérivation s'attache aux extrémités du fil AB ; elle contient un rhéostat et un galvanomètre dont on mesure

(1) *Journal de physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXV, p. 496-511.

(2) *Journal de physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXIV, p. 593-605.

la déviation. Dans une première observation, le circuit principal comprend un voltamètre à sulfate de cuivre et une résistance variable, que l'on règle de manière à donner au courant, dans le circuit principal, une intensité d'environ 1 ampère : connaissant l'équivalent électrochimique du cuivre, on calcule en valeur absolue l'intensité I de ce courant principal.

Le courant principal se dérive en donnant naissance, dans le galvanomètre, à un courant d'intensité i beaucoup plus faible et produit une déviation α que l'on mesure. Si maintenant les résistances des diverses branches du circuit demeurent invariables, et que le courant principal prenne une intensité I', le courant qui traverse le galvanomètre une intensité i', on observe une déviation α', et l'on a

$$\frac{i'}{i} = \frac{I'}{I} = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

On connaît I en valeur absolue, et cette équation détermine I'.

On peut aussi faire varier à volonté la résistance du circuit secondaire, à la condition de connaître la somme de la résistance r du fil AB et de la résistance ρ du galvanomètre. On démontre en effet que, si les résistances prises sur le rhéostat du circuit secondaire sont respectivement r_1 et r_2, un même courant I traversant le circuit principal se dérive en donnant dans le circuit secondaire des courants i_1 et i_2, tels que

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{\rho + r + r_2}{\rho + r + r_1}$$

Quelque faible que soit la résistance r prise isolément, la résistance $r + \rho$ se déterminera sans difficulté par les procédés ordinaires.

Il n'y a lieu de faire intervenir une correction de température que dans le cas où les résistances comprises dans les divers circuits ne sont pas toutes de même espèce.

D'après M. Kittler, son procédé, applicable industriellement, se prête à la mesure d'intensités variant d'une fraction d'ampère à 100 ampères.

Galvanomètre sensible dont on peut mesurer le facteur de réduction, par R.-W. Willson. (1).

C'est une boussole des tangentes à suspension excentrique portant environ cinq milles tours de fil dans une gorge rectangulaire. Le plan du cadre est susceptible de glisser parallèlement à lui-même, de telle sorte que la distance du centre du cadre au centre de l'aimant mobile prenne une valeur quelconque assignée d'avance. On mesure, par la méthode de la réflexion, la déviation de l'aimant pour la position centrale de la bobine (A = 0) et pour une position excentrique qu'il convient de prendre telle que A soit à peu près égal au rayon moyen R des spires multiplié par $\sqrt{\frac{1}{2}}$: les forces auxquelles les pôles de l'aiguille sont soumis dans ces deux positions sont à peu près comme 9 et 5 : les déviations φ_0 et φ_1 sont dans le même rapport.

Cela posé, admettons d'abord que les dimensions de la gorge sont très petites par rapport au rayon moyen R et que la longueur de l'aiguille est aussi négligeable. La mesure du rapport $\frac{\varphi_0}{\varphi_1}$ et de A suffit à déterminer R, qu'il est inutile de mesurer directement. Connaissant R et le nombre n de tours, on calcule sans peine le coefficient de la boussole.

Si la gorge est un rectangle de hauteur h et de base b, et si l'aiguille a une longueur l, l'expression de la déviation contient : 1° un facteur $1 + \alpha + \beta + \ldots$, où α, β,... contiennent les puissances croissantes de $\frac{h}{R}$ et de $\frac{b}{R}$; 2° un facteur $1 + \gamma + \delta + \ldots$, où γ, δ, ... contiennent les puissances de $\frac{l}{R}$. Voici les expressions des premiers termes de ces deux séries :

$$\alpha = \frac{1}{24}\left(\frac{2}{R^2} - \frac{15\,A^2}{\rho^4}\right) h^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{4\,A^2 - R^2}{\rho^4}\right) b^2$$

$$\beta = \frac{1}{7680\,R^2\,\rho^8}\Big\{[35\,R^2A^2(5A^2 - 4R^2) + \rho^4(8R^2 - 12\,A^2)]\,h^4 + [63\,R^2\,A^2\,(4\,A^2 - R^2) + 3\,R^2\,\rho^2\,(5\,R^2 - 44\,A^2)]\,b^4\Big\} + \frac{1}{4608\,R^2\,\rho^8}\,[35\,R^2A^2(5\,R^2 - 4\,A^2) + \rho^4(8\,A^2 - 12R^2)]\,h^2\,b^2$$

$$\gamma = \frac{3}{16}\,\frac{R^2 - 4\,A^2}{\rho^4}\,l^2$$

$$\delta = \frac{45}{256}\,\frac{8\,A^4 - 12\,A^2\,R^2 + R^4}{\rho^8}\,l^4$$

$$\rho^2 = A^2 + R^2$$

(1) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXVI, p. 44-45.

Connaissant b, h et l, on pourra encore calculer le coefficient de l'instrument.

M. Willson estime que sa boussole permet de mesurer en valeur absolue des courants de 0,0001 ampère avec une erreur inférieure à $\frac{1}{100}$.

Sur la production de l'électricité par la condensation de la vapeur d'eau, par S. Kalischer.

Malgré les immenses progrès que la science électrique a fait depuis quelques années, il y a encore au moins un domaine où les hypothèses jouent encore le rôle principal, et où malgré des recherches nombreuses et systématiques, les savants spéciaux n'ont pas encore pu établir de théorie qui, d'un côté, s'accorde d'une manière complète avec les phénomènes naturels, et de l'autre se vérifie dans les expériences de laboratoire: nous voulons parler des relations de l'électricité avec la météorologie.

Un des savants qui ont le plus étudié la question sur le vif, Palmieri, dont les lecteurs de *La Lumière Electrique* ont pu suivre les divers travaux, avait cru pouvoir conclure de l'observation des phénomènes naturels, que la principale source du développement de l'électricité dans les orages et d'une manière générale, de l'électricité atmosphérique, était la condensation de la vapeur d'eau corrélative, d'après lui d'une mise en liberté d'électricité positive.

Quoique on sente bien dans les mémoires du savant dont nous parlons, que pour lui, la principale preuve était fournie par ses observations météorologiques, il avait cependant cherché dès 1862, à établir cette théorie sur l'expérience directe.

Les expériences de M. Palmieri ont été critiquées il y a environ trois ans, par un savant allemand, M. S. Kalischer, dont les conclusions paraissent avoir été admises en général.

D'après ce travail (voir *La Lumière Electrique*, 1884, vol. I, p. 177) toutes les expériences dans lesquelles la vapeur d'eau est obtenue, de diverses manières, aux températures élevées, ne peuvent être considérées comme concluantes, la production de la vapeur elle-même et les frottements qui peuvent en résulter pouvant donner lieu à l'électricité observée.

Pour se mettre à l'abri de cette objection, l'auteur dans ses expériences, produisait la condensation, en exposant à l'air humide des vases en verre isolés, recouverts de feuilles d'étain et remplis de glace; comme galvanoscope, il employait l'électromètre à quadrant. Le résultat de l'expérience était absolument négatif.

Palmieri est revenu plus fois sur ces expériences, en en contestant la valeur, et en cherchant à prouver par des expériences analogues l'exactitude de ses premières affirmations [1].

Dans ses dernières expériences, comme du reste dans les précédentes, Palmieri employait l'électroscope de Bohnenberger avec condensateur.

Au moyen de cet appareil, et en reliant la couverture extérieure en étain des vases de verre avec l'armature inférieure du condensateur au moyen d'un fil de platine, les feuilles d'or indiquaient une charge négative lorsqu'il élevait l'armature supérieure mise à la terre.

Ce développement était encore plus considérable, lorsque l'expérimentateur touchait préalablement la couverture de l'un des vases avec le doigt. Cette expérience indiquerait donc que l'on avait à faire à une source constante d'électricité négative qui, naturellement neutraliserait l'électricité positive provenant de la condensation de la vapeur d'eau.

M. Kalischer dans un article publié dans les *Annales de Wiedemann*, (Ann. W. vol. XXIX, p. 411, décembre 1886), maintient ses premières affirmations, en indiquant les sources d'erreur auxquelles étaient soumises les dernières expériences du savant italien.

Cette production d'électricité négative qui ne saurait expliquer du reste les déviations irrégulières observées dans ses premières expériences, proviendrait d'après lui, non pas comme Palmiri

[1] Nous avons d'autant plus de sujet de revenir sur cette question que *La Lumière Electrique* s'y trouve indirectement en cause; M. Palmieri ne connaissant les expériences de son contradicteur que par le résumé publié par la *L. E.*, basait une de ses critiques sur le fait de déviations irrégulières de l'électromètre, indiquées par M. Kalischer. Or celui-ci indiquait dans son travail original, que ces dévialions irrégulières, qui se présentaient également alors que les vases de verre ne contenaient pas de glace, et que par suite, il n'y avait pas condensation, nétaient pas indiquées par l'électromètre capillaire au moyen duquel, il contrôlait les indications du premier instrument.

je prétend, de l'électricité voltaïque ou de contact, mais uniquement de frottements intervenus pendant les manipulations, ou d'une charge initiale des isolants, cette supposition est d'autant plus probable que Palmieri lui-même indique que cette électrisation négative était encore plus forte, lorsqu'il touchait avec le doigt la couverture d'étain des vases de verre. Si ce contact du doigt eût constitué une véritable mise à la terre, il est évident que les deux armatures y communiquant à la fois, aucune trace d'électricité n'aurait dû être indiquée; ce contact des doigts peut donc donner lieu par frottement, à de l'électricité négative, comme du reste le prouve l'expérience directe indiquée par M. Kalischer dans son dernier travail.

En outre, la description même des expériences de Palmieri prouve qu'il ne s'est pas mis en garde contre toutes les sources d'erreur, et qu'en particulier, la neige ou la glace qu'il employait était souvent électrisée au moment de son introduction dans les vases de verre.

Les mêmes remarques peuvent encore s'appliquer aux dernières expériences du météorologiste italien [1], (voir *La Lumière Électrique* 1886, vol. 1, p. 163). M. Kalischer en prenant toutes les précautions voulues, n'a jamais observé la moindre trace d'électricité, quoique la condensation fut très forte.

Un autre savant italien, M. F. Magrini [2], a du reste repris ces dernières expériences en suivant exactement la méthode de Palmieri, au moyen de l'électromètre de Thomson modifié par M. Mascart, et il a montré péremptoirement, que la manipulation de la glace, son concassage en particulier, pouvait l'électriser négativement.

En remplissant, au moyen d'une spatule de verre, la capsule de platine, de glace pilée avec un marteau en fer, l'aiguille de l'électromètre dévie du zéro, mais reste en repos dans une nouvelle position, quelle que soit du reste la condensation; si au contraire, on décharge l'aiguille après le remplissage de la capsule, elle revient au zéro et y reste ensuite pendant toute la durée de la condensation.

Ces expériences semblent donc bien prouver que l'on n'a pas à faire dans ces diverses expériences à une source constante d'électricité négative neutralisant à mesure l'électricité positive, mais simplement à une charge initiale, et que, actuellement l'hypothèse de Palmieri sur la production d'électricité par la condensation de la vapeur d'eau, ne peut pas être considérée comme démontrée irréfutablement par l'expérience directe.

E. M.

(1) Cette expérience consiste à remplacer les vases de verre à armature d'étain par une capsule de platine.

(2) *Magrini Nuov. Cim.* (3), 20 jul. août 1886.

Généralisation de la loi du pont de Wheatstone, par O. Frœlich.

La démonstration de la relation bien connue qui relie les résistances des quatre côtés d'un quadrilatère, lorsque les potentiels de deux des sommets opposés sont égaux, suppose que ces quatre côtés ne renferment que des résistances, l'une des diagonales renfermant la seule force électromotrice du système.

La modification du pont de Wheatstone, qui constitue la methode de Mance pour la détermination de la résistance intérieure d'une pile, donne lieu à la même relation, lorsque l'ouverture ou la fermeture de l'une des diagonales ne modifie pas les potentiels aux extrémités de l'autre diagonale.

M. Frœlich, le chef du laboratoire de la maison Siemens et Halske, a montré dans un récent travail [1] que cette loi est juste, pour la combinaison la plus générale du pont de Wheatstone, dans laquelle les 6 conducteurs peuvent renfermer des forces électromotrices à côté des résistances.

On peut formuler, comme suit, cette loi générale:

Dans un pont de Wheatstone, dont les 6 branches peuvent renfermer à la fois des résistances et des forces électromotrices, l'égalite entre les produits des résistances des côtés opposés a toujours lieu, lorsque l'ouverture ou la fermeture de l'une des diagonales ne change pas l'intensité dn courant dans l'autre diagonale.

Pour démontrer cette loi, il suffit de considérer dans chaque cas (fig. 1 et 2) les circuits formés de deux côtés et de la diagonale où le courant est

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXX, n° 1, 1887.

invariable ; la seconde loi de Kirschhoff, donne alors les relations :

(1) circuit abd $e_1 - e + e_4 = j_1 r_1 - i r + j_1 r_4$

(2) $e_1 - e + e_4 = j'_1 r_1 - i r + (j'_1 + J) r_4$

(3) circuit bcd $e_2 + e_3 + e = (i + j_1) r_2 + (i + j_1) r_3 + i r$

(4) $e_2 + e_3 + e = (i + j'_1) r_2 + (i + j'_1) r_3 + i r$

Dans lesquelles les mêmes indices se rapportent aux résistances et aux forces électromotrices de chaque côté, et dans lesquelles les lettres accentuées indiquent la modification des courants provenant de la fermeture de la seconde diagonale. Le courant i dans la première diagonale de résistance r, étant par hypothèse supposé constant.

Ces équations combinées deux à deux, donnent :

$$(j_1 - j'_1)(r_1 + r_4) = J r_4$$

et

$$(j_1 - j'_1)(r_2 + r_3) = J r_3$$

En divisant ces deux équations l'une par l'autre, on obtient le rapport :

$$\frac{r_1 + r_4}{r_2 + r_3} = \frac{r_4}{r_3}$$

ce qui revient à l'égalité caractéristique du pont :

$$r_1 . r_3 = r_2 . r_4$$

Cette démonstration n'a pas seulement un intérêt théorique ; la connaissance de cette loi permet de modifier avantageusement des méthodes anciennes, ou d'en combiner de nouvelles.

Parmi les cas les plus intéressants, signalés par l'auteur, citons les suivants :

Dans les mesures délicates de résistances, on observe souvent des déviations du galvanomètre, alors même que la pile n'est pas fermée ; ces courants proviennent, en général, d'effets thermo-électriques. D'après la loi précédente, l'équilibre a lieu lorsque la fermeture de la pile ne change pas cette déviation (et non pas lorsque le galvanomètre est ramené au zéro).

La méthode de Mance, dans le cas des piles constantes peut se modifier avantageusement en introduisant dans le circuit du galvanomètre une pile qui ramène celui-ci au zéro ; la sensibilité de la méthode peut ainsi être développée de beaucoup.

Mais c'est surtout dans les cas où résistance et force électromotrice sont des quantités variables avec l'intensité du courant, que la nouvelle mé-

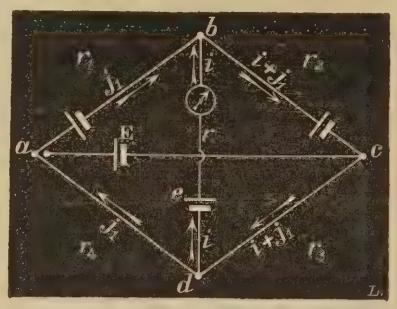


Fig. 1.

thode est précieuse ; ce cas est celui des voltamètres ou des auges électrolytiques. Dans ce cas, la méthode de Mance n'est plus applicable, parce que les courants, dans les branches, sont différents suivant que la seconde diagonale est ouverte ou fermée. En employant la combinaison générale, ces courants sont encore différents, il est vrai, mais l'on peut diminuer à volonté cette variation ou en changer le sens, en introduisant

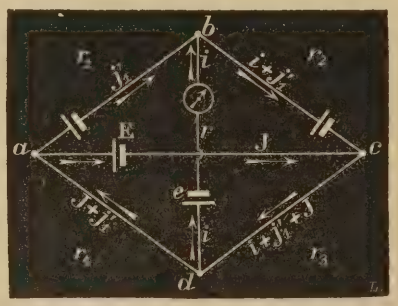


Fig. 2.

dans la diagonale, que l'on ouvre et ferme, une certaine force électromotrice.

L'expérience a montré que la méthode se prêtait bien à la détermination des constantes d'un accumulateur au plomb ; en observant à la fois le courant et la différence de potentiel aux bornes, au moyen de la résistance mesurée, on peut calculer la force électromotrice. Avec un voltamètre ordi-

naire, à lames de platine il paraît difficile de faire des mesures exactes.

On pourra déterminer de la même manière, la résistance d'une mise à la terre, celle du corps humain, d'un condensateur, en un mot des corps qui n'ont pas la conductibilité métallique parfaite et où des polarisations entrent en jeu.

Les deux cas les plus importants pour la technique, se présentent avec l'arc voltaïque et dans la mesure de la résistance des induits de machines dynamos en mouvement; l'auteur ne donne malheureusement pas de détails sur cette dernière détermination.

Relativement à l'arc, on peut simplifier la méthode de von Lang, et employer le pont avec une seule lampe à arc en activité; malgré des difficultés provenant des variations de l'arc, l'auteur a pu mesurer sa résistance en faisant varier sa longueur de 1 à 2 millimètres, le courant variant de 5 à 10 ampères.

La résistance a été trouvée de 0,3 à 0,7 ohm, ce qui dans le cas particulier correspondait à une force contre-électromotrice d'environ 40 volts, un résultat conforme à ceux obtenus par von Lang.

E. M.

Phénomène analogue à la résonnance offert par les oscillations électriques, par A. Oberbeck (1).

Soit un circuit formé d'une bobine induite dont les deux extrémités sont en relation avec les armatures d'un condensateur. Si l'on développe un courant induit dans la bobine, le condensateur se charge d'abord, se décharge ensuite à travers la bobine, et, par le jeu de l'induction, se recharge en sens contraire, etc., ce qui donne des oscillations électriques d'amplitude rapidement décroissante. Mais, si l'on interrompt et qu'on rétablisse périodiquement le courant inducteur, on obtient une série de courants induits de sens contraire, dont la période de succession peut coïncider avec celle des oscillations électriques dues à un seul courant induit périodique. En faisant varier le nombre des interruptions du courant inducteur, on obtiendra donc un maximum d'intensité des courants induits. C'est le phénomène, analogue à la résonance, que M. Oberbeck a cherché à mettre en évidence.

A cet effet, il emploie un interrupteur automatique dont il fait varier à volonté la période, à l'aide d'une lame vibrante de longueur variable, et il observe les déviations d'un électrodynamomètre dont les deux bobines sont parcourues par les courants induits. Il constate un maximum de la déviation pour une longueur convenable de la lame.

Le problème est susceptible d'être traité théoriquement.

Soient :

p le coefficient de self-induction de la bobine;
w la résistance;
i l'intensité du courant;
c la capacité du condensateur;
V la différence de potentiel de ses armatures;
N le nombre de vibrations de la lame interruptrice.

On a, en posant

$$\lambda = 2\pi N$$

et en admettant que la force électromotrice résultante s'exprime par le premier terme terme de la série de Fourier,

$$p\frac{di}{dt} + wi + V = E\cos\lambda t \qquad i = C\frac{dV}{dt}$$

La solution de ces équations est

$$V = \frac{E\cos(\lambda t - \delta)}{c\lambda\sqrt{\left(\frac{1}{c\lambda} - p\lambda\right)^2 + w^2}} \qquad i = -\frac{E\sin(\lambda t - \delta)}{\sqrt{\left(\frac{1}{c\lambda} - p\lambda\right)^2 + w^2}}$$

$$\operatorname{tang}\delta = \frac{w}{\frac{1}{c\lambda} - p\lambda}$$

La déviation que le courant produit dans l'électrodynamomètre est proportionnelle à

$$\alpha = \frac{E^2}{\left(\frac{1}{c\lambda} - p\lambda\right)^2 + w^2}$$

elle est maximum pour

$$\lambda^2 = \frac{1}{pc}$$

On a alors $\delta = \frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire que la différence de phase de la force électromotrice d'induction et de la différence de potentiel des armatures est égale à $\frac{\pi}{2}$.

(1) *Journal de Physique* d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXVI, p. 245-253.

Mesure absolue de la résistance de colonnes de mercure dans le système électromagnétique, par L. Lorenz

On sait que la méthode proposée par M. Lorenz [1], pour la détermination de l'ohm, consiste à équilibrer la différence de potentiel *ir* produite par un courant constant *i* dans la résistance *r* à mesurer, par la force électromotrice *e* induite entre le centre et la circonférence d'un disque métallique, tournant dans un champ magnétique constant, autour d'un axe parallèle aux lignes de force du champ. Ce champ est produit par une bobine de dimensions connues et animée par un courant constant : l'axe de la bobine coïncide avec celui du disque métallique.

Parmi les questions secondaires dont M. Lorenz a eu à s'occuper dans ses expériences, nous signalerons l'influence possible de la capillarité sur la résistance du mercure. Par définition, l'unité de résistance est celle d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section, et il n'est nullement évident *a priori* que les résistances de colonnes liquides de même longueur varient rigoureusement en raison inverse de leurs sections quand celle-ci descendent au-dessous d'une certaine limite. M. Lorenz a mesuré directement la résistance de colonnes de mercure non capillaires, et les a comparées à celles de colonnes capillaires contenues dans des tubes calibrés avec le plus grand soin : la résistance de ceux-ci pouvait être calculée, d'après le calibrage ; les nombres mesurés sont de 0,014 pour 100 à 0,021 pour 100 plus faibles que les nombres calculés. Cette différence, si elle est réelle, est en tout cas trop faible pour altérer le chiffre des millièmes, que l'on est convenu de conserver seul dans les mesures absolues de résistances.

Les expériences de M. Lorenz fixent la valeur de l'ohm à 105,93 c. m. ; ce nombre ne diffère pas de un millième de la valeur (106 c. m.) adoptée par la Conférence internationale.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Le dynamo-téléphone du prof. Thompson. — Le professeur Silvanus Thompson a imaginé un téléphone basé sur le principe de la machine dynamo, c'est-à-dire sur la génération du courant dans une armature placée dans un champ magnétique. L'armature est mise en mouvement par les impulsions de la voix, mais elle vibre au lieu de tourner.

Les figures 1 et 2 représentent un modèle du *dynamo-téléphone*, comme l'appelle M. Silvanus Thompson. L'armature A est montée sur un pivot a^3, en face des pôles d'un aimant permanent B et elle peut vibrer librement. Deux bobines *a* sont montées sur les noyaux a^2 supportées par une pièce de communication en fer a^4 qui est montée sur un bouton élastique à pivot a^3. La communication nécessaire entre l'armature et le diaphragme *d* s'établit au moyen d'une tige légère, mais rigide *c*. Le diaphragme peut être en mica, en celluloïde, en parchemin ou en métal. Son rôle est purement mécanique. La figure 3 représente un modèle dans lequel l'inventeur emploie un anneau pareil à celui de

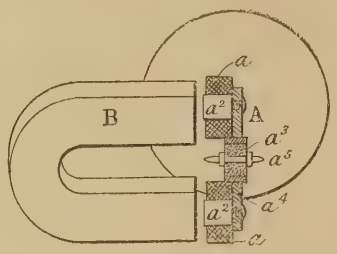


Fig. 1

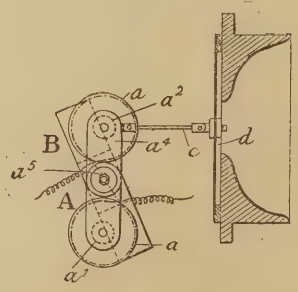


Fig. 2

la machine Gramme, mais où les bobines sont groupées en deux séries seulement. Celles-ci peuvent être reliées en dérivation ou en tension à volonté. L'armature est montée sur pivot comme dans le premier modèle et les différents organes sont indiqués par les mêmes lettres que sur les figures 1 et 2.

Les figures 4 et 5 représentent un tambour en

(1) Lorenz, *Pogg. Ann.*, t. CXLIX, page 251 : 1873.

coupe et vu de bout. L'armature est munie d'un noyau-tube central et fixe en fer. La bobine de l'armature est représentée en *a*, le tube en fer doux en a^2, l'isolant en ébonite en a^3, et l'axe en acier en a^3. La communication avec le diaphragme est représentée en *c*, le support du tube en *g* et les pièces polaires en N et S.

La figure 6 représente un dynamo-téléphone

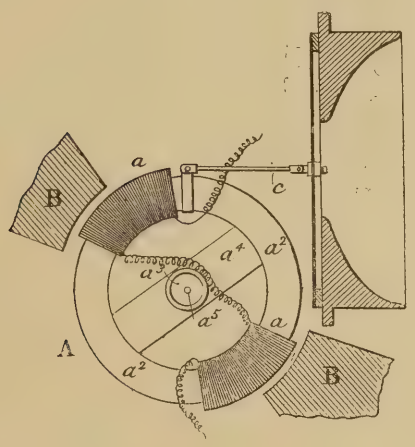


Fig. 6

excité séparément au moyen d'une pile locale L^3 qui produit les pôles N S. Dans ce modèle, l'armature agit sur le diaphragme par l'intermédiaire du levier *h*. Les lettres ont la même signification que sur les autres figures.

La figure 7 est un dessin schématique de deux téléphones de ce genre placés sur un même circuit, l'un comme transmetteur et l'autre comme récepteur. Une pile dans le circuit de ligne sert à exciter les électro-aimants, ainsi qu'à donner une certaine tension aux diaphragmes. Ceci peut se faire en donnant à l'armature une légère inclinaison par rapport aux électro-aimants inducteurs. Grâce à cette disposition, un léger changement de position est d'une grande influence sur le champ magnétique.

Essais de lampes a incandescence. — Dans une conférence récente devant la *Society of Arts*, le général Webber R. S. a communiqué le tableau suivant des essais fort intéressants faits avec des lampes à incandescence de différents fabricants. Les résultats sont des moyennes de plusieurs expériences. Le tableau indique à la fois l'intensité de courant et la puissance lumineuse moyennes de deux lampes de 100 volts et de 17 bougies provenant de différentes fabriques. Les mesures ont été faites toutes les 100 heures.

	Intensité du courant		Puissance lumineuse en bougies.
Primitif.....	0,63	amp.	
Après 100 heures	0,65	«	18,5 (1)
« 200 «	0,65	«	20,7
« 300 «	0,65	«	18,5
« 400 «	0,65	«	18,5
« 500 «	0,65	«	18,5
« 600 «	0,65	«	18,0
« 700 «	0,65	«	17,5
« 800 «	0,65	«	15,5
« 900 «	0,64	«	15,2
« 1000 «	0,64	«	15,2
« 1100 «	0,64	«	15,2
« 1200 «	0,64	«	15,2
« 1300 «	0,64	«	15,2
« 1500 «	0,64	«	15,2
« 1500 «	0,63	«	13,7
« 1600 «	0,63	«	12,7 (2)

Il résulte de ce tableau que la résistance du filament diminue pendant les premières 200 heures, tandis que son éclat augmente en proportion, et qu'il ne se produit guère de changement pendant les 500 heures suivantes, après quoi la résistance augmente et l'éclat diminue progressivement. Mais l'augmentation de la résistance du filament n'est pas la seule cause de la perte de

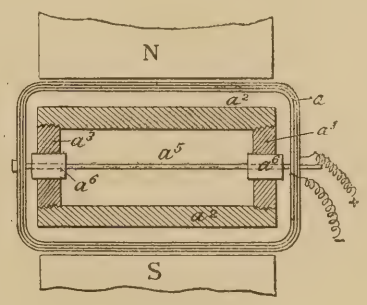


Fig. 4

lumière. Avec le temps, la surface lisse du filament devient rude et augmente et demande plus de courant, tandis que ce dernier est réduit par suite de l'augmentation de la résistance. D'autre

(1) 3,4 watts par bougie.
(2) 5 watts par bougie.

part, la lumière est aussi diminuée par suite de la volatilisation du charbon du filament qui se dépose sur le verre. Quand ce dernier devient très obscurci, on obtient une meilleure lumière en

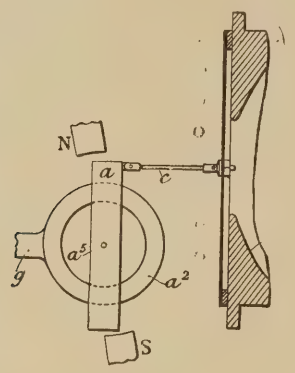


Fig. 5.

remplaçant la lampe par une nouvelle, et, à ce point de vue, les vieilles lampes donnent lieu à une perte sérieuse de lumière. D'après le général Webber, l'opinion du public au sujet du rendement des lampes doit être basée plutôt sur la constance de l'intensité lumineuse que sur la durée de la lampe. La meilleure lampe est celle qui dure le plus longtemps avec la moindre variation de lumière.

Le conférencier a ensuite indiqué le procédé

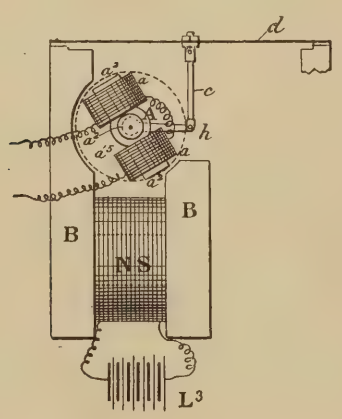


Fig. 6.

suivant pour essayer le vide d'une lampe : tenir la lampe d'une main et rattacher ses bornes ou fils de communication aux pôles d'une bobine d'induction à potentiel élevé. Si le vide est mauvais, il se produira une incandescence visible dans le globe. S'il est parfait, l'incandescence diminue de manière à devenir presque invisible.

On peut faire un essai plus élémentaire en fermant hermétiquement la lampe, à laquelle on laisse un petit morceau du tube ayant servi à faire le vide; on coupe ou brise ensuite le bout du tube dans une cuve de mercure; s'il y a de l'air, sa présence sera indiquée par une bulle qui se formera, dès que le mercure sera monté dans le globe.

Les consommateurs de lampes à incandescence peuvent encore faire un essai approximatif, en observant la présence d'une lueur quand ils frottent la lampe dans l'obscurité avec une peau de chat, ou bien simplement avec la main. Un

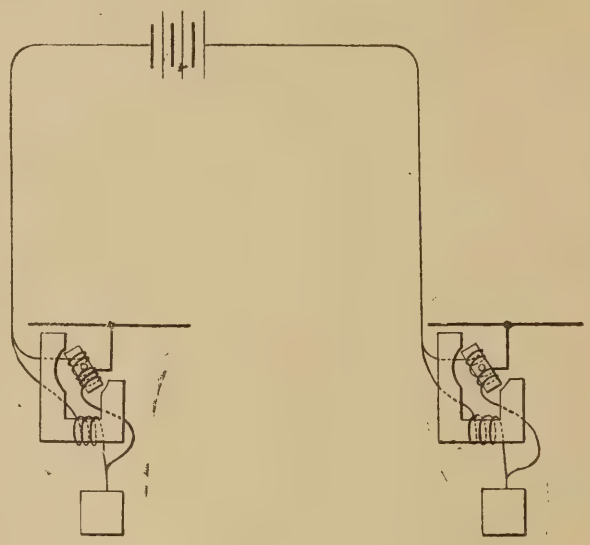


Fig.

mauvais vide se révèle aussi par le trop grand échauffement de la lampe, après une ou deux heures de fonctionnement.

En parlant du tableau ci-dessus, le général Webber a exprimé l'opinion que les personnes qui emploient des lampes à incandescence feraient mieux de les laisser brûler au-dessous de la pression normale pendant les premiers temps, afin de les conserver plus longtemps.

Dans quelques lampes, le filament est mal fixé aux attaches, ce défaut se trahit par une cassure en ce point; il paraît que la fragilité est plus grande au pôle négatif. Le professeur Silvanus Thompson a fait remarquer que les lampes se cassaient quelquefois immédiatement au-dessus ou au-dessous du point d'attache du filament.

Le Téléphone de M. Lorraine. — M. J.-G. Lorraine a imaginé un téléphone qui peut être employé à la fois comme transmetteur et comme récepteur, et qui est basé sur le principe de l'interposition d'un écran entre deux bobines, dont l'une est

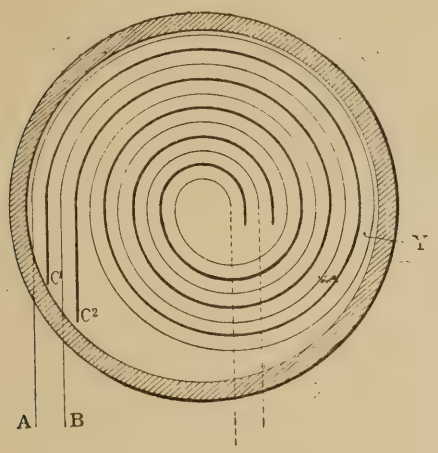


Fig. 8

primaire et l'autre secondaire. Les vibrations de la voix produisent des variations dans la position de l'écran interposé et modifient ainsi l'action inductive entre les deux bobines. Il est évident que l'un des conducteurs peut constituer la partie mobile, tandis que l'autre conducteur ainsi que l'écran demeurent fixes. On peut, en effet, adopter deux ou trois dispositions différentes. La bobine primaire est en circuit avec la pile, tandis que la bobine élémentaire secondaire est en circuit avec la ligne.

Les figures 8 et 9 représentent une des formes de l'appareil. A représente une bobine primaire composée d'un fil mince, sous forme de ruban, enroulé sur une spirale plate; B représente une bobine secondaire de la même espèce de fil. Les

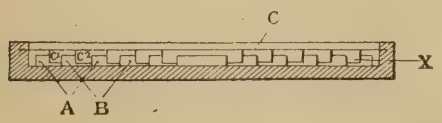


Fig. 9

deux bobines sont enfermées dans une boîte circulaire couverte d'un diaphragme vibrant C qui porte, en dessous, une série d'écrans c_1 c_2 qui interposent, suivant les vibrations du diaphragme, une surface plus ou moins étendue entre les deux bobines. Pour augmenter les effets, l'inventeur se propose de remplacer l'écran c_2 par une mince lame de fer.

La figure 8 représente une coupe de l'appareil suivant le plan X de la figure 9, et cette dernière est une coupe suivant le plan Y de la figure 8. M. Lorraine a construit d'autres modèles de son appareil, dont un, avec fils ronds, a la forme d'une bobine d'induction ordinaire. Dans ce cas, l'écran est plus ou moins interposé entre les spires voisines des bobines primaires et secondaires.

La Dynamo Kapp. — La dynamo de M. Gisbert Kapp présente plusieurs dispositions originales, notamment dans les inducteurs. Les fig. 10 et 11 représentent deux modèles de ces inducteurs, destinés respectivement à des machines actionnées directement ou bien au moyen de transmissions. Dans le dernier cas, les branches de l'électro sont cylindriques et les pièces polaires en fer doux. M. Kapp a cependant, dernièrement, construit les

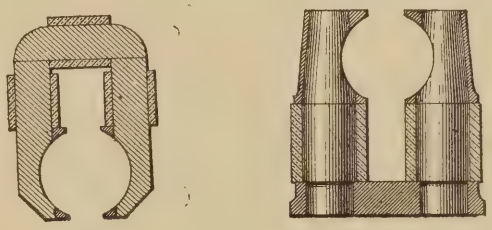


Fig. 10 et 11.

branches d'une forme rectangulaire et d'une pièce, avec les pôles en fer forgé.

Les fig. 12 et 13 représentent la dynamo Kapp en coupe et en élévation. Les détails de la construction sont décrits par l'inventeur de la manière suivante : la section du fer, dans l'induit, a 31,4 pouces carrés de chaque côté, ou bien 62,8 pouces carrés en tout. La section des branches de l'électro a 118 pouces carrés. L'induit est enroulé avec 186 tours de fil carré d'une résistance à chaud de 0,05 ohm. L'intensité du courant extérieur est de 160 ampères et la force électromotrice est de 113 volts. La vitesse est de 470 tours par minute. Le maximum de la puissance d'excitation atteint 15,000 ampères-tours. La vitesse des fils de l'induit à 470 tours est de 1,800 pieds par minute. La dynamo peut donc être classée dans le groupe des machines à petite vitesse.

La résistance des inducteurs est de 0,014 ohm

et celle du shunt est de 25 ohms. Le poids total de la machine est d'environ 3,000 livres.

La destruction des fils télégraphiques et téléphoniques. — Les dégâts causés par l'orage pendant les fêtes de Noël, aux fils télégraphiques et téléphoniques sont sans précédent en Angleterre. Dans tout le pays, et surtout dans le Midi, un grand nombre de milles de lignes appartenant aux chemins de fer comme au télégraphe du gouvernement, out été renversés par la neige et le vent. Les lignes téléphoniques, à Londres, ont beaucoup souffert, les fils se sont cassés ou bien ils ont tordu les poteaux de fer et renversé les cheminées auxquelles ils étaient attachés. Les communications télégraphiques et téléphoniques ont été complètement interrompues, et leur rétablissement n'est pas encore terminé, malgré toute l'activité déployée par les intéressés.

La chute des fils n'a donné lieu à aucun accident sérieux, peut-être parce que l'ouragan était à son maximum pendant la nuit; mais l'interruption générale des affaires a appelé l'attention du public sur l'avantage qu'il y aurait à mettre les lignes télégraphiques principales sous terre, comme cela se fait en France et en Allemagne. On propose d'ensevelir au moins les grandes lignes reliant Londres aux principales villes de province et de les mettre ainsi à l'abri des perturbations atmosphériques. On a fait remarquer que les

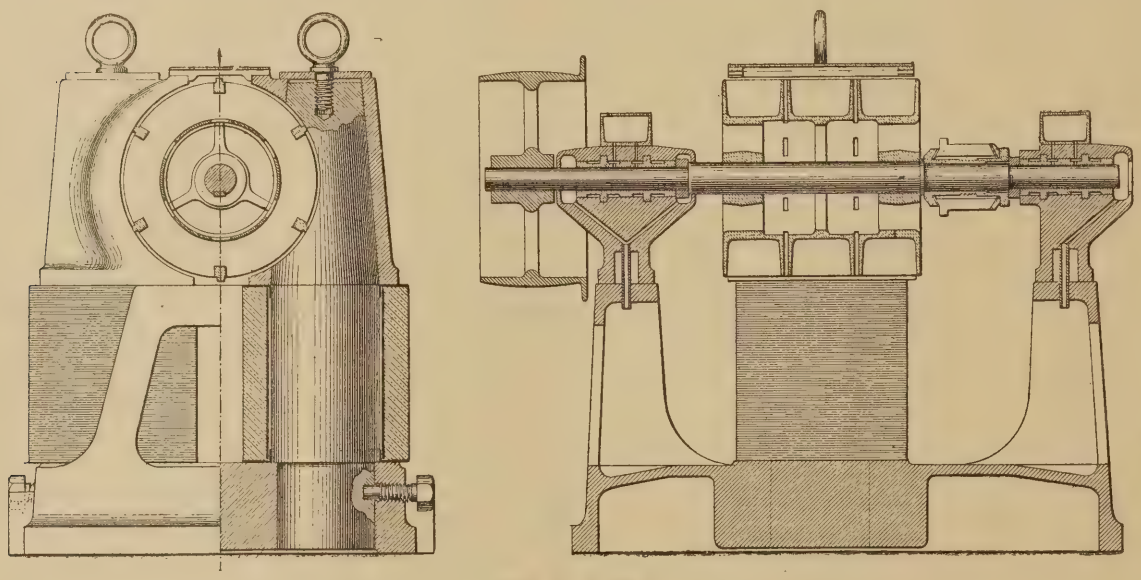


Fig. 1 et 12.

lignes aériennes sont fréquemment sujettes à des interruptions, et que nos communications télégraphiques, non seulement à l'intérieur, mais également avec le continent, sont littéralement à la merci des éléments. Le Directeur général des Postes et Télégraphes prendra probablement des mesures pour éviter la répétition de tels désastres.

La nouvelle année. — Cette année, aura lieu le cinquantième anniversaire des télégraphes en Angleterre, qui sera célébré au moins par une exposition télégraphique. La Société d'aérostation a fait des démarches pour en ouvrir une, et la *Society of Telegraph Engineers* s'occupe d'un projet analogue. On trouvera peut-être moyen de réunir les deux projets, ce qui paraît meilleur. On cherchera à réunir une collection de toutes les anciennes formes d'appareils télégraphiques.

La *Society of Telegraph Engineers* a perdu son principal fondateur par le décès du colonel Sir Francis Bolton, secrétaire honoraire de la Société et inspecteur des eaux de Londres. Le défunt acquit une grande popularité comme auteur des magnifiques fontaines illuminées, aux Expositions de South-Kensington. Ces fontaines étaient éclairées avec des foyers à arc, dans des globes de couleur, ainsi que je l'ai déjà dit dans une autre correspondance.

J. Munro

États-Unis

La soudure électrique, par le procédé du professeur Elihu Thomson. — *La Lumière Électrique* a déjà parlé de la nouvelle méthode de soudure par l'électricité, imaginée par le professeur Elihu Thomson. Ce système a excité un grand intérêt aux Etats-Unis, et dernièrement le professeur Thomson a lu, sur ce sujet, un mémoire devant la Société des arts de Boston. Les nombreux développements dans lesquels il est entré, contiennent tant de choses nouvelles qu'ils ne manqueront pas d'attirer l'attention générale; c'est pourquoi nous allons en reproduire les points les plus essentiels.

« Le but que je me propose, dans cette note, est d'exposer une nouvelle manière d'utiliser les effets calorifiques de courants électriques puissants pour opérer l'assemblage de pièces métalliques de même ou de différente nature, procédé que je nommerai *soudure électrique*.

« Les métaux qui se soudent avec facilité par les méthodes ordinaires de chauffage au fourneau et de martelage sont le fer forgé ou doux, l'acier, le platine, l'or pur et quelques autres. Il n'est pas à ma connaissance que l'on ait tenté jusqu'ici de souder la fonte de fer, le laiton, l'airain et le bronze de canons, le maillechort, le zinc, l'étain, le plomb, l'aluminium et autres métaux ou alliages d'un usage plus ou moins fréquent. Même en ce qui concerne le cuivre, qui se ramollit promptement sous l'action de la chaleur, la soudure, bien qu'elle ne soit pas absolument impraticable, présente des difficultés telles qu'elle a rarement été tentée avec succès. La soudure de métaux différents entre eux a été encore bien moins praticable, et c'est à peine si l'on peut, par les procédés ordinaires, rattacher au fer lui-même de très petites pièces de métaux différents, à raison de la rapidité avec laquelle la chaleur se dissipe, de sorte que la température tombe promptement au-dessous du degré de soudure.

« Toutes ces difficultés disparaissent avec l'emploi du procédé de soudure par l'électricité. Quelques-uns des métaux qu'il était autrefois impossible de souder, sont ceux qui, maintenant, se soumettent le plus aisément à cette opération; tels sont : le fer fondu, le laiton, le bronze, le zinc, l'étain, etc. Le cuivre, qui précédemment se soudait avec tant de difficulté, devient un des métaux les plus remarquables pour la facilité avec laquelle les joints s'y opèrent, lorsque la température convenable est atteinte. Le fer, l'acier, le platine et autres métaux reconnus comme acceptant bien la soudure par les procédés ordinaires, se soudent également par l'électricité avec beaucoup de facilité et de sûreté. Jusqu'ici tous les métaux essayés se sont soudés parfaitement avec d'autres pièces métalliques de même nature. Mais, quand il s'est agi de souder entre eux des métaux ou alliages différents, il y a eu quelques insuccès dus à des différences trop grandes, soit dans les températures de ramollissement des deux métaux, soit dans leur conductibilité électrique et calorifique.

« La méthode de soudure électrique consiste simplement à comprimer fortement ensemble les barres ou autres pièces que l'on veut réunir et à y faire passer un courant électrique d'une grande intensité, le point de réunion des pièces servant de passage pour le courant. La résistance que rencontre ce dernier à cet endroit, donne naissance à la chaleur de soudure, et la pression exercée provoque une union intime, et le plus souvent une dilatation au point de jonction due à l'approche des pièces sous pression. Le procédé est, comme on le voit, des plus simples. »

« Quels résultats peut-on espérer de ce nouveau procédé, et quelles sont les applications possibles de la soudure électrique? Il ne sera pas sans intérêt d'en indiquer ici quelques-unes.

« L'une des plus fréquentes sera évidemment la réunion bout à bout de fils de cuivre et de fer pour différents objets, tels que la préparation de bobines d'électro-aimants, la construction de lignes télégraphiques et téléphoniques, de fils de conduite pour l'éclairage électrique, sans avoir besoin de recourir à des joints massifs et résistants.

« Dans les ateliers de la Compagnie électrique Thomson-Houston, des fils ont été réunis par ce procédé dans la construction pratique de dynamos, et la méthode sera étendue à d'autres usages aussitôt que les appareils nécessaires pourront être construits.

« Je possède des spécimens de fils de cuivre et de fer de diverses grosseurs soudés par l'électricité; plusieurs de ces fils ont été courbés et tordus sans que le point de soudure ait souffert. Aucune

raison ne s'oppose à ce que des barres très lourdes soient soudées par le même procédé, à la condition que l'on emploie des appareils suffisamment grands et puissants.

« Le diamètre de la plus forte tige de cuivre que nous ayons soudée jusqu'ici était d'environ 11 millimètres; celui de la plus forte tige d'acier était d'environ 22 millimètres (fig. 6), et autant que l'on peut en juger par une simple estimation, la soudure a nécessité l'emploi d'un courant de plus de 20000 ampères. C'est là sans doute un courant beaucoup plus considérable que n'en a produit jusqu'ici une seule machine.

« La différence entre les épaisseurs des tiges de fer et de cuivre soudées par des courants d'intensité égale, tient à la plus faible résistance du cuivre et à la plus grande facilité avec laquelle il laisse échapper la chaleur du point de jonction pendant l'opération.

« Les spécimens que je possède comprennent une variété de grosseurs et de formes de tiges de fer, de cuivre et autres. Dans quelques-unes de ces tiges, la dilatation au point de soudure a été respectée; dans d'autres, elle a été limée ou échoppée afin de montrer l'état du métal à cet endroit.

« La soudure bout à bout de tubes ou tuyaux métalliques, offre une autre occasion de l'application du procédé. J'ai quelques échantillons de tuyaux de fer de divers diamètres et de tubes de laiton et de cuivre réunis bout à bout, ainsi qu'un tuyau de plomb avec deux joints, lequel tuyau, pour démontrer la perfection de la soudure, a été recourbé en cercle après la formation des joints (voir fig. 8).

« Les joints opérés sur des tuyaux de fer ont été, dans la plupart des cas, martelés, pendant ou immédiatement après la soudure, et ils présentent une solidité et une force très grandes. On peut, de la sorte, faire de très grandes longueurs de conduites en fonte ou en fer forgé pour le service des rues, lesquelles peuvent être ainsi posées avec un petit nombre de joints à crampon, à ciment ou à vis. On peut même les faire, réunies uniquement par des soudures, en ayant soin de réserver des coudes de distance en distance, pour permettre la dilatation, lors des changements de température.

« Ce système sera surtout avantageux pour les conduites à haute pression, à vapeur ou à gaz. La fabrication de longs tuyaux de fer, par bouts d'une faible longueur, offre de grandes difficultés lorsqu'il s'agit de donner à ces tuyaux une courbure d'un petit rayon. Ces difficultés disparaîtront avec l'emploi de la soudure électrique.

« Dans la fabrication ou la réparation de lames sans fin, telles que scies à ruban, bandages de roues, cercles de tonneaux et de cuves, la nouvelle méthode sera d'une grande utilité; nous en avons produit quelques spécimens qui sont représentés sur la figure 7. Dans le même ordre d'idées, on pourra appliquer le procédé au chauffage et à la soudure des chaînons de fer et d'acier de divers modèles.

« En dehors des applications dont nous venons de parler, l'utilité du système se manifestera à l'infini dans la fabrication et la réparation d'outils, d'instruments et de pièces de machine de toute nature. Dans les ateliers de la Compagnie électrique Thomson-Houston, à Lynn, on fait usage d'un grand nombre d'instruments soudés par ce procédé, que l'on se propose d'étendre à la construction d'autres outils, où il offrira une économie réelle.

« Dans la figure 9 nous avons représenté quelques spécimens de ces applications, parmi lesquelles nous mentionnerons l'allongement de filières, de forets, de fraises, de tarières; le raccommodage de ciseaux et de poinçons, lorsqu'ils sont usés ou brisés, en y soudant de nouveaux tranchants ou de nouvelles pointes; l'allongement de boulons à vis en ajoutant un bout de tige entre le pas de vis et la tête du boulon; ou leur raccourcissement en supprimant une partie de la tige et en rapprochant la tête du filet; la réparation des pointes de tour et des outils de tourneur; l'allongement d'arbres de couche; la soudure de pièces d'acier à des corps d'outils d'acier, de fer forgé, voire même de fonte.

« On peut de la sorte employer deux qualités d'acier dans un même outil, l'une pour le tranchant, l'autre pour le corps de l'instrument. Les cas ne sont pas rares dans lesquels on peut réduire le prix d'un appareil en le formant de plusieurs pièces soudées plutôt qu'en le découpant ou le forgeant d'une seule pièce.

« Il n'y a pas jusqu'à l'art délicat du joaillier qui ne soit appelé à bénéficier de ce mode de soudure: j'ai soudé ensemble les extrémités d'un fil n'ayant pas plus d'un demi-millimètre de diamètre, quant aux pièces les plus grosses que l'on pourra assembler par ce procédé, leur grosseur ne sera limitée

que par la puissance de l'appareil dont on disposera.

« J'ai des raisons de croire que la quantité de combustible consommée dans la soudure par l'électricité, malgré la nécessité de l'emploi d'une chaudière, d'une machine à vapeur et d'un appareil électrique, sera moindre que celle que réclame le procédé ordinaire à la forge, et cela surtout à raison de la rapidité avec laquelle s'opère la jonction par l'électricité, et de la localisation de la chaleur au point de soudure, de sorte que la perte par rayonnement et par conductibilité est insignifiante. Le temps que réclame l'opération est si court que l'on peut effectuer un grand nombre de joints dans l'espace de temps qu'il faut pour en faire un seul par les procédés ordinaires ;

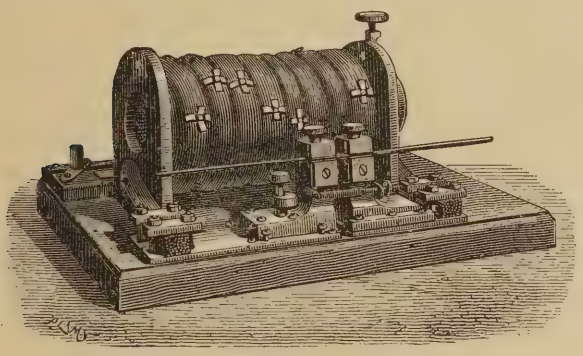


Fig. 1. — Bobine d'induction pour la soudure électrique de pièces de faible section ; vue en perspective.

de plus, les pièces n'ont, grâce à cette rapidité, pas besoin d'une manipulation aussi compliquée que celle que nécessite le travail à la forge, ce qui est d'un grand avantage pour la soudure de grosses pièces.

« Il n'est pas rare que dans l'éclairage à arc, on fasse usage d'un courant de 10 ampères et de 2,500 volts. Dans l'éclairage par incandescence, où les lampes sont en dérivation, 250 ampères et 100 volts représenteraient une énergie égale, et dans la soudure électrique, 50,000 ampères et un demi-volt en seraient l'équivalent. Avec un courant de cette intensité, on pourrait probablement souder une barre d'acier de 37,5 millimètres de diamètre, autant que je puis m'en rendre compte actuellement. Mais il y a une différence très grande entre l'éclairage électrique et la soudure.

« L'éclairage demande une force continue, tandis que la soudure ne réclame l'énergie que pour un temps comparativement court, variant de quelques secondes à une demi-minute au plus, suivant la grosseur de la pièce. Si mes estimations sont à peu près justes, il faudrait, pour souder une barre de 37,5 millimètres de diamètre, une dépense de force motrice d'environ 35 chevaux pendant moins d'une minute.

« L'appareil employé pour produire et appliquer les courants pour la soudure électrique, variera suivant la nature du travail comme caractères essentiels, il devra offrir :

« 1° Un moyen de maintenir les courants puissants dans les pièces, sans trop de perte ; ce moyen pourra consister dans des crampons conducteurs solides, attachés à chaque pièce ;

« 2° Un moyen de presser fortement l'une contre

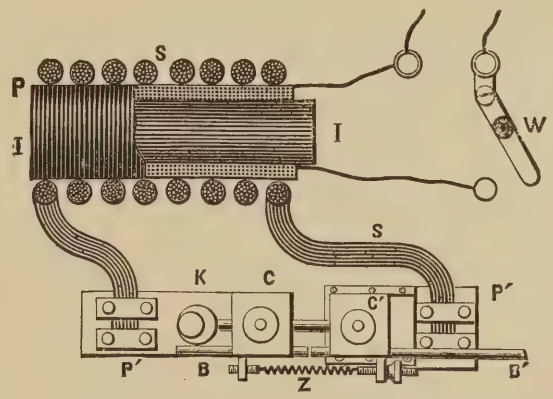


Fig. 2. — Diagramme montrant la disposition intérieure de la bobine représentée figure 1.

l'autre, les deux pièces, pendant le passage du courant ;

« 3° Un moyen de maintenir les pièces dans la position voulue.

« Ces conditions peuvent être remplies en disposant les crampons lourds en cuivre sur une même ligne, mais à une distance l'un de l'autre qui puisse être réglée à volonté ; le serrage des deux pièces l'une contre l'autre peut être obtenu au moyen d'un ressort et d'une vis.

« Les crampons sont reliés aux bornes d'un producteur de courant électrique, tel qu'une bobine secondaire très forte d'un appareil d'induction dont la bobine primaire est alimentée de courants alternatifs au moyen d'une dynamo.

« Nous donnons dans les figures 1 et 2, un modèle d'un appareil de ce genre. Il se compose d'une bobine d'induction formée d'un noyau, en fil de fer d'environ 30 centimètres de longueur et de 37,5 millimètres de diamètre, autour duquel

a été enroulé un premier fil destiné à être traversé par les courants d'une machine à courants alternatifs. La couche de fil extérieure ou bobine secondaire S est formée d'une corde de soixante-quatre fils n° 10, reliés ensemble et n'entourant que huit fois le noyau. Les extrémités de cette corde sont boulonnées à des plaques de cuivre P P′ sur lesquelles sont montés les crampons C C′ servant à maintenir les pièces B B′ destinées à être soudées. Ces crampons sont formés de blocs de métal relativement lourds; l'un d'eux, celui désigné par C′ est disposé de manière à pouvoir glisser sur la plaque de cuivre qui le porte sous l'action d'un ressort ajustable Z. Les deux pièces B B′ sont ainsi maintenues en ligne droite et serrées bout à bout pendant la soudure. La came K est destinée à maintenir le bloc C′ en arrière pendant que l'on introduit dans les crampons, les piéces à souder.

« Les crampons eux-mêmes sont de simples pièces métalliques disposées de façon à pouvoir être vissées ou dévissées, pour permettre le serrage ou l'enlèvement des pièces que l'on veut réunir. Le placement des pièces dans les crampons n'exige que quelques secondes.

« Tel que nous venons de le décrire, cet appareil est spécialement approprié à la soudure de petits fils de cuivre, lames d'acier ou scies à ruban de peu de largeur et d'épaisseur.

« La bobine primaire est mise en circuit avec un générateur à courants alternatifs; elle peut être déplacée dans une certaine limite, solidairement avec le noyau de fer qu'elle renferme, dans l'axe de la bobine secondaire, afin de régler le courant selon la grosseur des pièces que l'on veut souder.

« Le courant produit par induction dans la bobine secondaire est de grande intensité et de force électromotrice minime. La résistance de la bobine secondaire seule est d'environ 0,00015 ohm.

« L'appareil représenté en perspective et en coupe dans les figures 3 et 4, diffère de celui que nous venons de décrire. Il est combiné de manière à pouvoir opérer sur des pièces beaucoup plus fortes.

« La bobine primaire P se compose simplement d'un grand anneau d'environ 30 centimètres de diamètre, d'un peu plus de 6 centimètres de largeur et de 18 à 20 millimètres d'épaisseur; elle est formée d'un grand nombre de tours de fil isolé.

« La bobine secondaire S S est formée d'une barre unique de cuivre recourbée de façon à ne faire qu'un tour autour de la bobine primaire; les bornes de cette barre se prolongent extérieurement en lignes droites parallèles, et sont pourvues à leur extrémité de puissant crampons à vis C C′ destinés à recevoir les pièces B B′ qqe l'on veut souder. Ces crampons peuvent être rapprochés ou éloignés l'un de l'autre, grâce à la flexibilité de la barre de cuivre qui est amincie et élargie à cet effet, au milieu de sa partie courbe en E. Le rapprochement s'opère au moyen d'une forte vis J et d'un ressort Z qui permettent de donner la pression nécessaire pour la soudure. Une autre vis K sert à écarter les crampons, lorsqu'on veut y introduire les pièces à souder.

« La bobine primaire et la barre secondaire sont entourées toutes deux d'une masse épaisse de fil

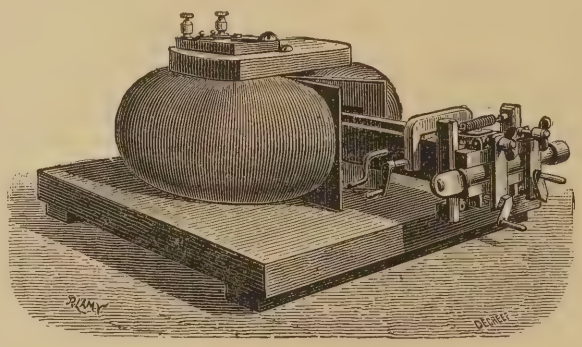


Fig. 3. — Bobine d'induction pour pièces de forte section; vue en perspective.

de fer qui passe dans l'axe des bobines et les recouvre intérieurement et extérieurement, formant ainsi un noyau de fer sans fin pour les conducteurs primaire et secondaire qui sont de la sorte enfermés dans une gaîne ou chemise en fil de fer. Le fil I, I s'enroule d'ailleurs sur une enveloppe en tôle qui l'empêche de porter sur la barre secondaire et de gêner le jeu des crampons.

« La résistance calculée de la barre secondaire est d'environ 0,00003 ohm; sous l'action d'un courant primaire très énergique, elle est susceptible de produire plus de 2 volts de force électromotrice; mais, en général, on ne l'emploie qu'avec une excitation beaucoup moindre que le maximum.

« Les courants alternatifs qui passent par la bobine primaire produisent évidemment des renversements rapides de polarisation magnétique dans l'enveloppe de fer qui entoure les conduc-

teurs de cuivre; il en résulte un transfert d'énergie par induction dans le circuit de la barre secondaire, transfert qui s'opère avec une perte très minime. Un courant d'un peu plus de 20 ampères et d'environ 600 volts dans la bobine primaire peut produire dans la barre secondaire, environ 1 volt et 12000 ampères.

« Pour produire les courants alternatifs nécessaires à l'opération, j'ai imaginé et construit une machine peu coûteuse, auto-excitatrice, à courants alternatifs. La figure 5 en représente un spécimen

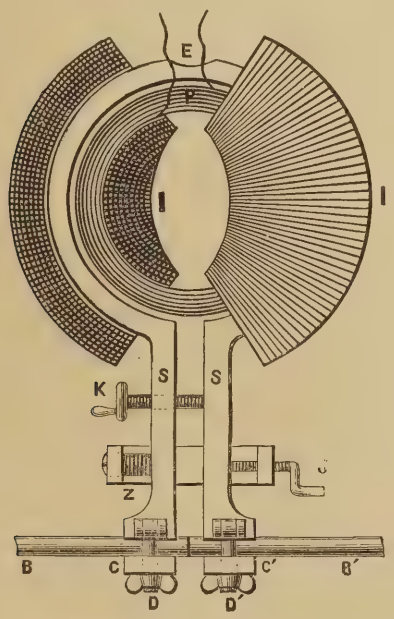


Fig. 4. — Diagramme de la bobine représentée figure 3.

qui ne pèse que 225 kilogrammes et peut absorber un maximum de force de plus de 25 chevaux, à 1800 tours par minute, avec un bon rendement La machine n'a que 4,500 kilog. de fils sur son armature, et environ 10 kilogrammes sur les inducteurs. Le rendement considérable de cette petite machine devient possible, grâce à ce qu'elle ne fournit le courant que par intervalles, lorsqu'il s'agit de former un joint; en dehors de cela, elle marche sans charge.

« Il faut avoir soin d'interrompre le courant aussitôt que la soudure est achevée. On pourrait, il est vrai, obtenir ce résultat en coupant le circuit secondaire au moment voulu; mais, pour des courants aussi puissants, il faudrait un interrupteur très massif. On arrivera au même résultat en coupant le courant primaire, ou en interrompant le circuit de la dynamo, ou encore en shuntant ou coupant le courant des inducteurs.

« Il importe également de pouvoir disposer d'un moyen de régler la puissance des courants, afin de ne pas surchauffer subitement les pièces, surtout lorsqu'elles sont petites ou facilement fusibles. On peut obtenir ce résultat en introduisant une résistance variable dans le circuit de la bobine primaire, ou en faisant entrer dans le même circuit une bobine avec noyau mobile en fil de fer, dont les positions régleront la force des cou-

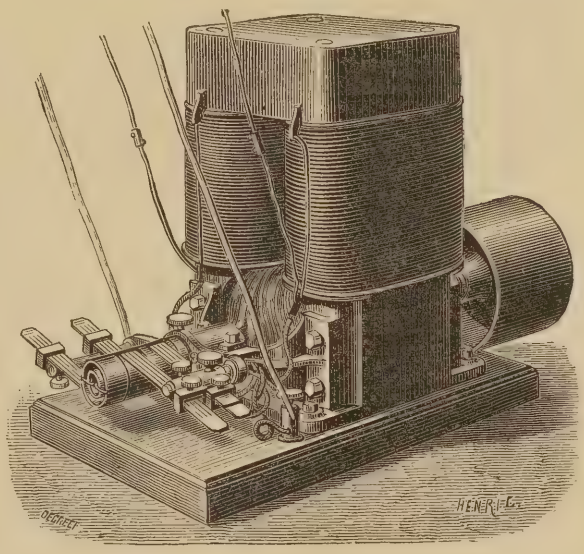


Fig. 5. — Dynamo à courants alternatifs.

rants primaires. Une autre méthode, tout aussi convenable, consiste à faire varier l'excitation de la machine à courants alternatifs par les moyens usités en pareil cas.

« Pour effectuer une soudure électrique, les pièces doivent être bien nettes près des extrémités qu'il s'agit de réunir, afin d'assurer un bon contact électrique avec les crampons. Les pièces étant bout à bout on y applique un peu de borax en poudre ; ou, s'il s'agit d'un métal facilement fusible, tel que l'étain ou le plomb, on applique un peu de chlorure de zinc, de résine ou de suif.

« Lorsque les pièces sont de même métal et de même section, la jonction s'opère en plaçant bout à bout les extrémités à souder, au milieu de l'espace réservé entre les crampons; puis on

applique la pression et l'on fait passer le courant.

« Mais lorsqu'il s'agit de métaux différents ou n'ayant pas la même section, le point de jonction est rapproché du crampon qui porte le métal le plus résistant; en d'autres termes la pièce de plus petite section ou le métal qui se fond le plus vite sont placés de manière à être moins en saillie, afin de favoriser l'accumulation de la chaleur dans l'autre pièce.

« Si l'on veut réunir des pièces de différents diamètres, l'extrémité de la plus grosse pièce est

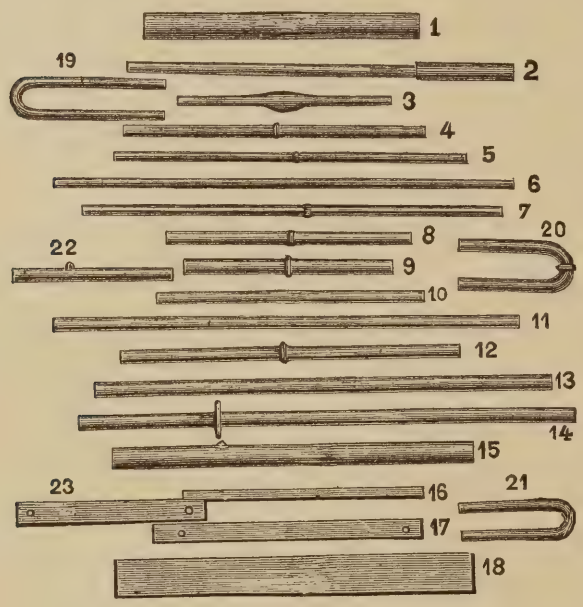


Fig. 6. — 1. Barre d'acier de 19 millimètres de diamètre soudée par le milieu; 2. Barre composée de cuivre, de laiton et d'acier; 3. Barre de cuivre dans laquelle la soudure a été aplatie au marteau; 4, 5, 6, 7, 8. Barres de cuivre de diverses grosseurs soudées par le milieu; 10, 11, 12, 13, 14. Barres d'acier et de fer à joints plus ou moins égalisés après la soudure; 15. Barre à deux soudures formée de deux pièces de fonte et une d'acier; 16. Barre d'acier carrée à soudure rabotée et par conséquent invisible; 17. Barre de laiton rectangulaire avec soudure au milieu; 18. Lourde barre de fer forgé rectangulaire soudée au milieu; 19, 20, 21. Barres de cuivre soudées droites, puis recourbées à la partie soudée; 22. Barre ronde de zinc de batterie formée de deux pièces soudées au milieu; 23. Barre de cuivre plate soudée de la même manière.

amincie à la grosseur de la plus petite avant d'opérer la soudure. Il vaut mieux évidemment que les crampons soient formés de façon à s'adapter aux pièces, surtout quand celles-ci ont une section irrégulière; mais lorsqu'il s'agit de barres rondes ou carrées, de simples rainures en forme de V pratiquées dans les crampons suffisent à retenir les pièces en place et à donner le contact électrique nécessaire. Quand les pièces sont serrées l'une contre l'autre, le courant est établi; les extrémités des barres se chauffent au point de rencontre, un léger rapprochement s'opère et l'opération est terminée en moins de temps qu'il n'en faut pour la décrire. Parfois on continue à comprimer le joint ou on le martèle afin de consolider la soudure, ce qui peut se faire sans retirer les pièces des crampons et en entretenant le courant.

« J'ignore si l'électricité a une action particulière qui contribue à la formation de la soudure; mais

Fig. 7. — 1. Anneau de fer forgé rectangulaire soudé; 2. Anneau de laiton soudé en X, puis égalisé; 3. Petit anneau de fonte soudé en Y, puis égalisé; 4. Anneau de cuivre soudé en Z; 5. Rondelles de fer soudées par leurs anneaux.

j'incline à croire qu'il en est ainsi dans quelques cas, bien que l'effet le plus important soit simplement le résultat de la chaleur et de la pression.

« On peut cependant constater un fait résultant des propriétés électriques des métaux soumis à la soudure : c'est la tendance à un chauffage uniforme de la section des barres opposées bout à à bout, et qui résulte de ce que le métal froid est meilleur conducteur que le métal chaud; par conséquent une couche plus froide de parcelles dans la section sert immédiatement de passage à un courant plus intense, ce qui tend à égaliser la température des deux métaux.

« En passant, je ferai remarquer que l'on pourra réaliser très économiquement la soudure électrique si, pour obtenir l'énergie nécessaire, on dis-

pose d'une force hydraulique qui, même à distance, peut être transmise par des fils.

« En terminant, j'ajouterai que je prépare en ce moment des métaux soudés électriquement, en vue de les soumettre à des essais de tension, etc., pour déterminer le degré de force proportionnelle qui existe au point de soudure. Les essais superficiels que nous avons faits sur les spécimens que nous possédons déjà, démontrent que cette force est considérable; mais il sera bon d'avoir à ce sujet des données exactes. Je citerai, comme exemple, le cas d'un bouton à vis qui avait été

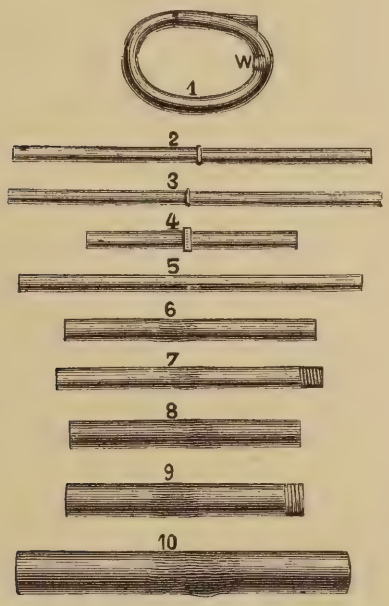


Fig. 8. — 1. Tuyau de plomb soudé en W et recourbé après soudure; 2, 2, 4. Tubes en laiton soudés au milieu; 5. Barre de cuivre soudée au milieu, puis égalisée; 6, 7, 8, 9, 10. Fragments de tuyaux de fer de diverses grosseurs soudés au milieu; quelques-unes des soudures sont en partie égalisées.

raccourci en enlevant une partie de la tige et en rapprochant la tête de la partie filetée. La soudure était loin d'être aussi parfaite que d'habitude, attendu qu'il n'y avait pour ainsi dire pas de dilatation au point de jonction. Néanmoins, en faisant pénétrer la vis dans un bloc de bois dur à l'aide d'une clef anglaise, elle se tordit et se rompit à plusieurs centimètres au dessous du point de soudure, et la cassure montra que le métal était parfaitement sain à cet endroit; la soudure avait résisté et n'avait aucunement souffert.

« Parmi les effets curieux constatés dans l'emploi de l'appareil, je signalerai le claquement bruyant produit par le courant dans la bobine secondaire lorsque les pièces enfermées dans les crampons ne parvenaient pas à se rapprocher à mesure que

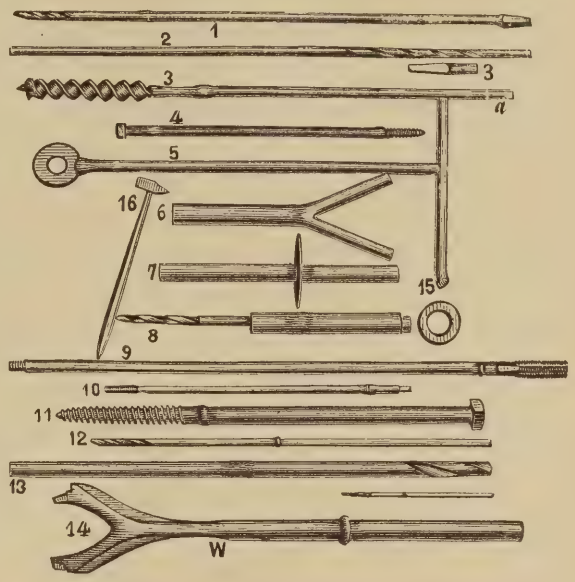


Fig. 9. — 1. Mèche de vrille allongée par insertion d'un bout de tige entre la tête et le filet; 2. Barre composée d'une tige d'acier droite soudée à une barre tordue, formée elle-même de trois pièces avec deux soudures dans la partie tordue; 3. Mèche de tarière allongée par insertion d'un fragment de tige entre l'extrémité carrée et la mèche. Cette tarière ayant été fixée par le milieu dans un étau, l'extrémité carrée en fut tordue jusqu'à rupture qui se fit à environ 1 centimètre au-dessus du point de soudure et après deux ou trois tours de torsion; 4. Boulon à vis allongé par insertion d'une tige entre la tête et le filet; 5. Barre d'acier soudée au bord d'une rondelle de fer; 6. Barre de fer soudée à deux pièces plus petites, de façon à former une fourche; 7. Disque d'acier mince soudé entre deux barres de fer opposées en ligne droite, et figurant un disque monté sur un arbre; 8. Petite mèche de vrille soudée à l'arbre d'un tour; 9, 10. Tarauds allongés par l'insertion d'une barre d'acier entre la mèche et la tête; 11. Boulon à vis allongé de la même manière; 12, 13. Mèches de vrilles allongées : le numéro 12 a trois soudures, dont deux ont été égalisées, tandis que la troisième est restée brute; le numéro 13 a été égalisé au tour, de sorte que la soudure est invisible; 14. Barre composée d'une fourche en fonte soudée à une barre cylindrique en fonte, soudée à son tour à une barre en fer forgé; le joint entre la fourche et la barre de fonte est en W; il a été égalisé, tandis que l'autre joint est resté brut.

le métal se ramollissait, et que la rupture du circuit secondaire entre les pièces en résultait.

« Cette rupture, quoique ayant lieu dans un circuit de peu de longueur, était accompagnée d'un claquement très fort avec production de lumière vive et projection de parcelles métalliques incan-

descentes, comme si l'on avait fait éclater une capsule entre les deux pièces.

« Dans un cas dont j'ai été le témoin, j'ai vu des morceaux d'acier fondu de la grosseur d'un pois, chauffés à blanc, projetés à une distance de deux mètres ; il est donc prudent de tenir ses yeux en dehors de la ligne de décharge.

« Comme spécimen de travaux curieux exécutés par moi, je mentionnerai des mèches de vrilles brisées, raccommodées dans la partie tordue.

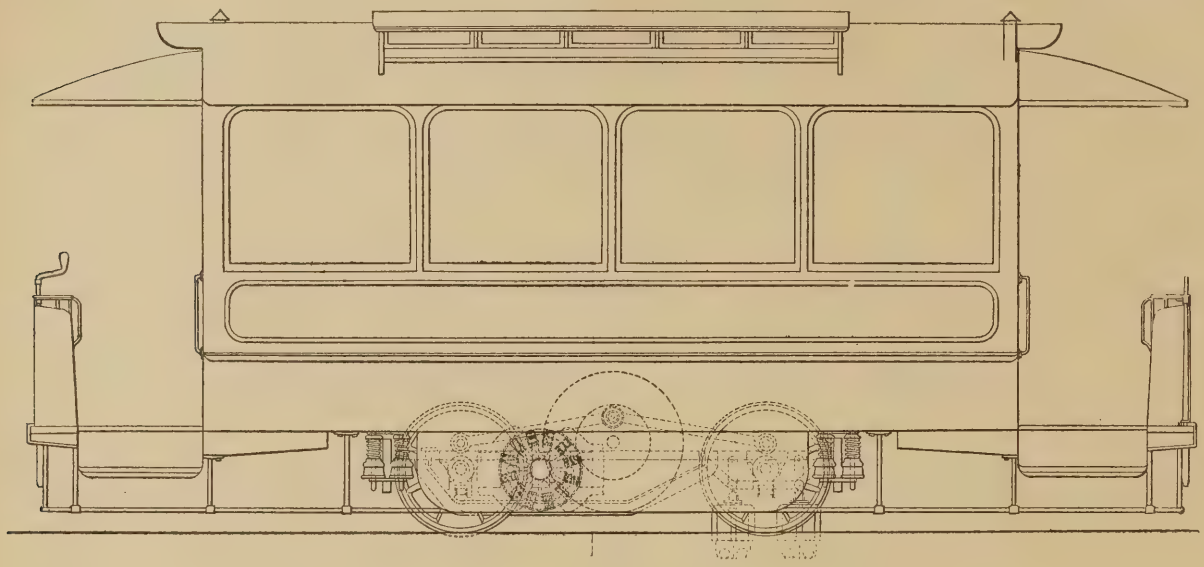


Fig. 10

L'échantillon représenté dans la figure 9 porte deux joints effectués dans la partie tordue d'un foret.

« Mentionnons encore une barre formée de morceaux d'acier, de laiton et de cuivre réunis bout à bout.

« Des canifs dont les lames avaient été brisées près du manche ont pu en recevoir de nouvelles,

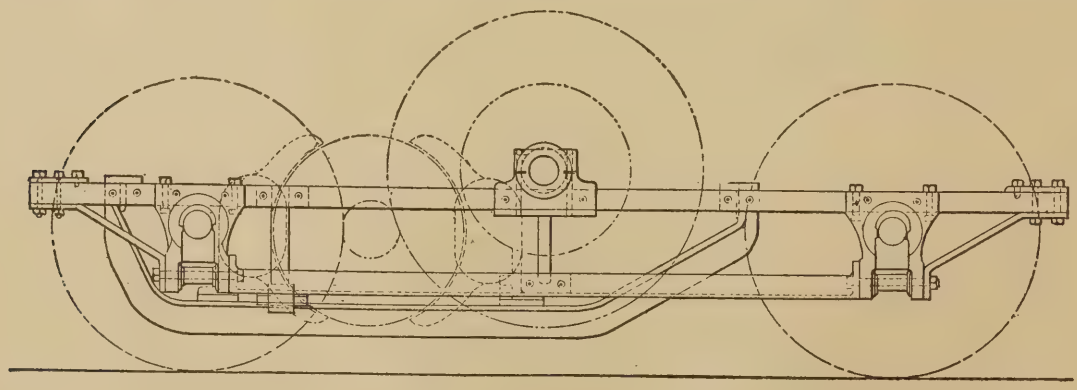


Fig. 11

soudées au tronçon des anciennes, lors même que ces tronçons ne dépassaient le manche que de trois millimètres à peine, et la soudure a pu être opérée sans enlever le tronçon du manche en écaille ou autre.

« Plusieurs canifs ont ainsi été réparés et dans le seul cas où l'un d'entre eux se soit brisé de nouveau, j'ai constaté avec satisfaction que la rupture avait eu lieu en dehors du point de soudure.

« Des anneaux en fil de fer ont été formés de plusieurs morceaux, puis tordus violemment et recourbés sans se rompre lors même que la cour-

bure tombait sur des joints ; la même expérience a été faite avec un égal succès sur des fils de cuivre composés d'un grand nombre de petits morceaux.

« La perfection du travail dépend du bon alignedes crampons qui servent à maintenir les pièces ou de leur ajustage quant à la position relative de ces dernières lorsqu'elles sont de forme irrégulière.

« Dans ce dernier cas, il importe que les crampons puissent être déplacés suivant les diverses positions qu'ils doivent donner aux pièces. C'est là une condition facile à réaliser.

Le chemin de fer électrique de Bentley-Knight, a New-York. — Dernièrement la chambre municipale de New-York a accordé une franchise pour la construction d'un chemin de fer électrique dans cette ville. Les travaux commenceront aussitôt que le temps le permettra.

Le système que l'on se propose d'appliquer est celui de MM. Bentley et Knight, dont *La Lumière*

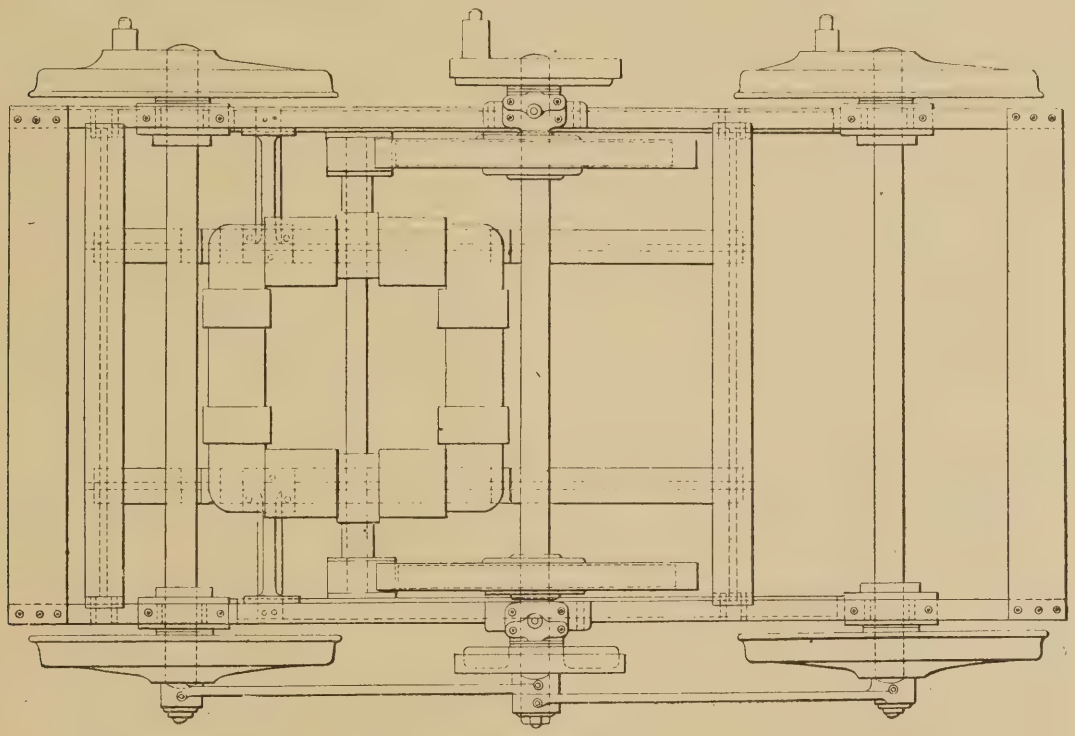


Fig. 10.

Électrique a déjà entretenu ses lecteurs. Toutefois l'appareil, tel qu'il est arrêté aujourd'hui, mérite une description spéciale.

En commençant par le matériel roulant, nous ferons remarquer que le corps du wagon, dont la construction a été perfectionnée, sera monté sur un truck spécial.

Le wagon est représenté en élévation longitudinal et en coupe dans les figures 10 et 13. Il se distingue particulièrement par le truck sur lequel il est monté et par le mode de commande du moteur.

Comme le montrent les figures 11 et 12, qui représentent les détails du truck en élévation longitudinale et en plan, le bâti est construit en acier sur le modèle des locomotives ordinaires, reliant d'une manière rigide les roues entre elles. Le moteur, situé près des roues motrices, porte une paire de pignons dentés calés aux extrémités de l'arbre d'armature, lesquels engrènent avec des roues montées sur un arbre à manivelle occupant le milieu du truck. Des bielles transmettent de chaque côté le mouvement de l'arbre à manivelle aux roues motrices. Celles-ci, comme on le voit, sont placées, l'une par rapport à l'autre, de manière à assurer une marche uniforme. Le truck est construit pour une largeur de voie de 1,45 mètre ; la base d'appui des roues est de 1,80

mètre; de sorte qu'il peut manœuvrer sur des courbes inférieures à 14 mètres de rayon.

La conduite qui supporte les conducteurs forme une des parties les plus importantes et les plus intéressantes du système; la figure 14 en donne une vue de détail à une échelle plus grande qu'elle n'est représentée dans la figure 13. Pour l'établir, on commence par poser les supports en fer à 1 mètre ou 1,25 m. l'un de l'autre entre les traverses qui supportent les rails, puis on y place

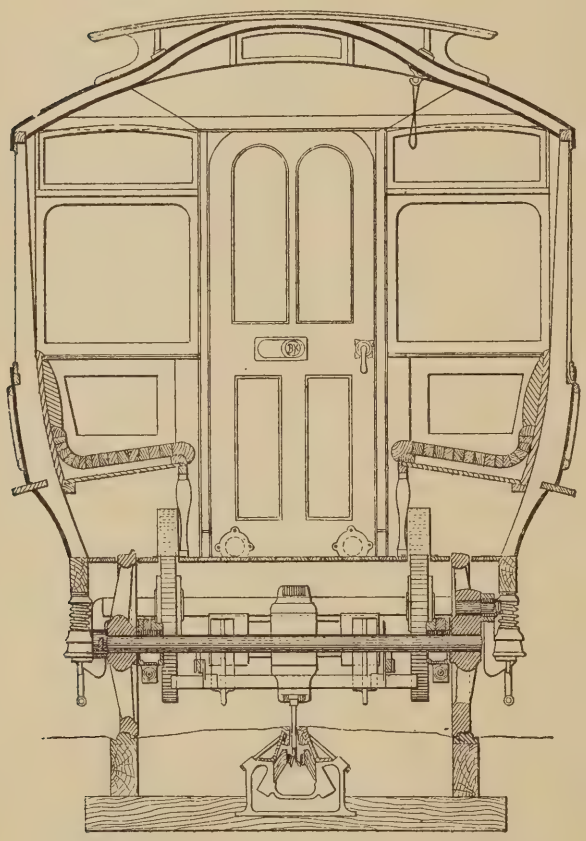


Fig. 13

la conduite. Les isolateurs sont ensuite fixés dans des douilles venues de fonte avec les supports, et les conducteurs, par longueurs de 9 à 10 mètres, sont calés fortement contre les isolateurs. Les communications électriques entre les longueurs du conducteur sont alors établies, et les plaques de fer formant la conduite sont boulonnées sur les supports, en laissant entr'elles une ouverture de 15 à 16 millimètres seulement.

Les deux conducteurs principaux sont formés de fer creux; ils sont reliés par des joints à dilatation et garnis d'une bande de cuivre assez épaisse pour porter le courant avec une perte d'énergie minime. Ils sont fixés aux parois latérales de la conduite sur des isolateurs en bois vulcanisé imbibé de céruse. Ni les rails, ni la conduite ne font partie du circuit électrique.

L'aiguillage s'opère au moyen d'une languette mobile montée à pivot aux points d'embranchement de façon à reposer sur le dessus de la conduite, pour être prête à fermer telle ou telle des rainures d'embranchement et à diriger le chariot de contact dans l'autre. Une languette conductrice, correspondante, à l'intérieur de la conduite, se meut en même temps.

La figure représente, en coupe transversale,

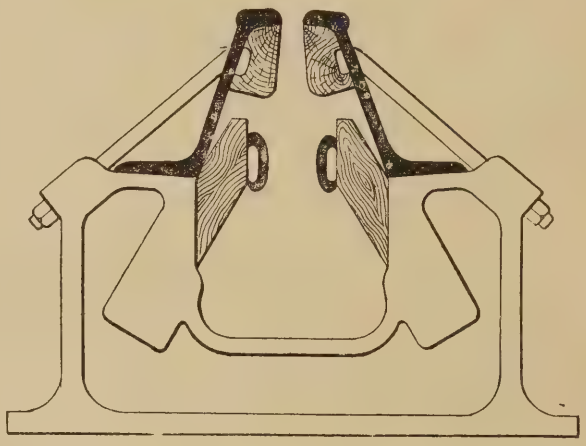


Fig. 14

la voie et un des supports. La figure 18 montre la conduite en fer en projection isométrique. La base du support ne se trouve qu'à 40 centimètres au-dessous du niveau des pavés.

Le mode de communication électrique entre le moteur et les conducteurs dans la conduite est représenté clairement sur les figures 15 et 16.

On a employé, à cet effet, un chariot de contact consistant en un châssis plat I, suspendu au wagon par une tige sur laquelle il peut glisser librement, et pénétrant, d'autre part, dans la rainure de la conduite. Il est pourvu d'un joint universel Q, qui lui permet de se prêter aux inégalités de la voie ou de la conduite. Ce châssis porte deux noyaux conducteurs isolés K en acier méplat, à la partie intérieure desquels sont arti-

culés à ressorts, deux petits sabots de contact H en fonte trempée, en contact avec les deux conducteurs principaux C. Il est rattaché au moteur, à sa partie supérieure, par des tiges flexibles. Le chariot peut être introduit dans la rainure ou en être retiré à volonté, grâce à la flexibilité des branches à ressort que portent les sabots de contact, qui leur permet de se rapprocher jusqu'à ne former qu'une ligne droite avec les noyaux conducteurs, lorsque le chariot est soulevé ; les sabots frappent alors contre la garniture isolante dont sont pourvues les plaques de fer formant la conduite. Rien ne peut donc être laissé accidentellement dans la conduite, qui vienne obstruer le passage des convois suivants.

Les guides du chariot sont suspendus à des axes transversaux et sont maintenus dans la position verticale par un arrêt à ressort, qui cède lorsque le chariot rencontre un obstacle. Le chariot est, de la sorte, chassé automatiquement de la conduite sans aucune détérioration, et il peut y être immédiatement replacé. Les sabots de contact ne s'usent qu'au bout d'un fonctionnement de plusieurs semaines et leur remplacement ne coûte presque rien.

Le châssis du chariot est pourvu de protecteurs

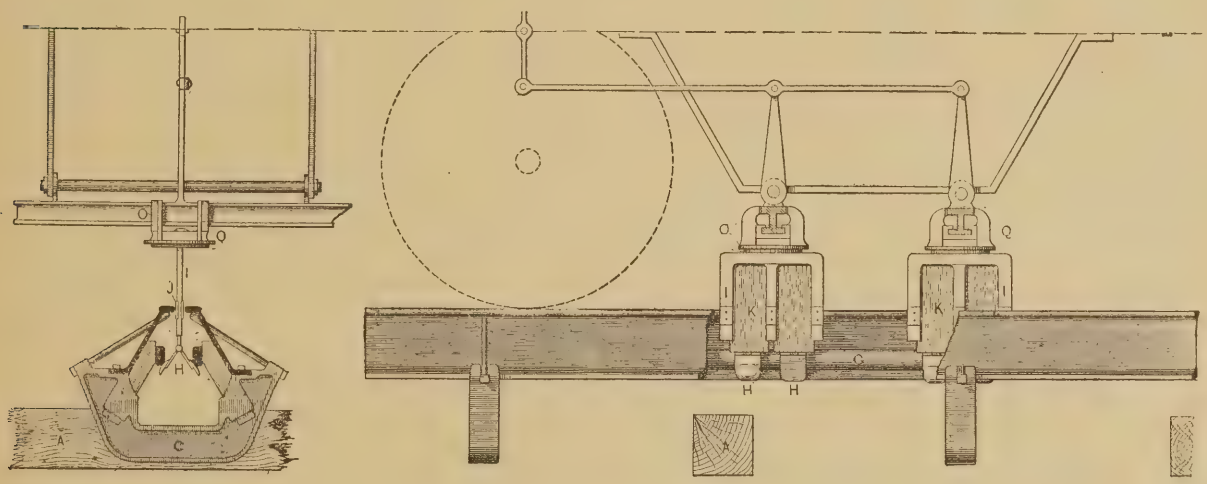


Fig 15 et 16

en acier durci partout où il peut arriver qu'il touche les bords de la rainure de la conduite, et ces protecteurs eux-mêmes peuvent être renouvelés à peu de frais.

Pour plus de sureté, on emploie deux chariots semblables sur chaque contact. Les détails électriques du système sont d'une extrême simplicité, de sorte que la manœuvre des wagons peut être confiée aux mains les moins expérimentées.

Le moteur est du système Gramme, modifié et groupé en série. Le réglage s'effectue en interposant des résistances qui sont sous le contrôle facile du conducteur. On se propose d'avoir un potentiel de 500 volts sur les conducteurs, et, selon la pente et la charge, le courant nécessaire variera entre 3 et 30 ampères.

Grâce à une disposition ingénieuse imaginée pour venir en aide au conducteur, aussitôt que les freins à main se serrent, le moteur est mis automatiquement hors circuit, de sorte qu'une seule manœuvre suffit pour arrêter la voiture.

Les frais d'établissement de la ligne, constituant évidemment un facteur important, il ne sera pas sans intérêt d'en parler à la suite de cette description. Le chemin de fer est à double voie ; la pente la plus forte est de 1 sur 12.

3,860 mètres de conduite ont coûté	253.200	fr.
20 trucks moteurs complets	120.000	«
6 dynamos de 50 chevaux	75.000	«
Matériel à vapeur complet	100.000	«
Fondations	10.000	«
Travaux d'ingénieurs	12.500	«
Total	570.700	fr.

*

Un nouveau téléphone. — Le mouvement d'un diaphragme de substance magnétique à proximité d'une bobine, a donné naissance à de nombreux systèmes de téléphones ; mais parmi ces systèmes, on n'en avait encore vu aucun dans lequel le mouvement du diaphragme ne fût pas nécessaire.

Tel est cependant l'instrument récemment

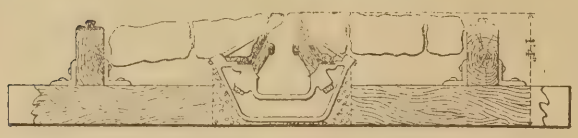


Fig. 17

imaginé par M. W. J. Morton, de New-York, et à ce titre, ce téléphone est certainement une intéressante nouveauté qui mérite que nous lui consacrions quelques mots de description.

Cet appareil, représenté sur la figure 19, se compose d'une bobine de fil métallique H, en face de laquelle est placé un disque E en acier neutre fortement aimanté, qui constitue à la fois un aimant et un diaphragme.

Le mode d'action du téléphone est basé sur

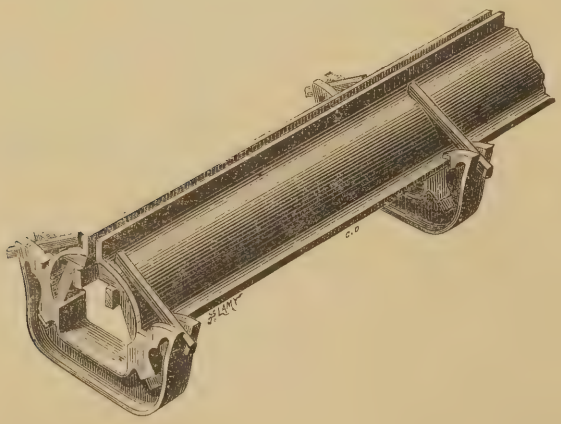


Fig. 18

l'influence réciproque qu'exercent l'un sur l'autre un corps dont les molécules ont reçu préalablement un arrangement permanent, et un conducteur électrique placé à proximité de ce corps, lors même que l'ordre des molécules ou leur polarité se trouverait dérangée par une vibration ou un choc. Il est basé en outre sur la production de courants dans un circuit téléphonique par une vibration ou une trépidation des molécules dans un aimant permanent, qui, en troublant et altérant leur ordre ou leurs rapports mutuels fixes, change leur polarité et crée ainsi un courant induit dans le conducteur électrique adjacent.

De la sorte, d'après l'inventeur, un mouvement de la masse ou du corps du diaphragme, qui ne dérangerait point son ordre moléculaire interne ou sa polarité, n'exercerait aucun effet sur le conducteur, tandis qu'une vibration ou un choc, en troublant l'ordre moléculaire, ferait naître des courants électriques dans le conducteur. Ce mouvement des molécules serait provoqué par le choc de la voix sur un diaphragme aimanté, et les molécules reprendraient ensuite leur position

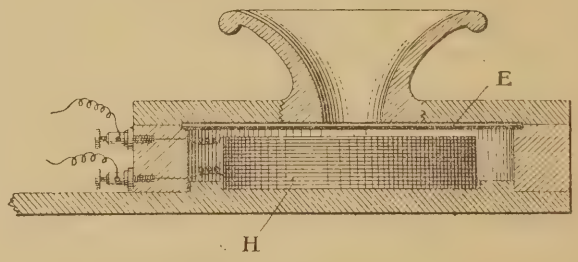


Fig. 19

originale ou l'arrangement permanent qui leur a été imposé.

Pour plus d'efficacité, le téléphone doit avoir un disque en acier durci aimanté au plus haut degré et rendu neutre, de sorte qu'il n'ait aucune polarité extérieure tant qu'il est à l'état de repos. Cet état neutre est obtenu par une superposition de deux aimantations telle que l'a indiquée le professeur D. E. Hughes. On réalise cette superposition en aimantant d'abord la plaque dans une direction donnée à l'aide d'une action magnétique dirigeante puissante, et en opérant de même dans le sens opposé. Cette opération est répétée, et l'on arrive ainsi à superposer à diverses reprises une couche d'aimantation extérieure à une couche de nom contraire plus profonde. Leurs attractions réciproques sont ainsi exercées dans des cercles restreints jusqu'à ce que l'on ait obtenu le plus grand nombre possible de ces arrangements symétriques distincts sur le disque.

J. Wetzler

FAITS DIVERS

La Compagnie des tramways, à Vienne, est actuellement en négociations avec M. Reckenzaun pour l'application de son système de traction électrique aux voitures de la Compagnie.

Un grand concours international des Sciences et de l'Industrie aura lieu à Bruxelles en 1888; il comprendra une section d'électricité pour laquelle les questions proposées seront les suivantes : Moteurs et Dynamos, — Accumulateurs et Transformateurs d'électricité, — Paratonnerres et Parafoudres, — Télégraphes et Téléphones, — Fils et Câbles, — Transmission de la force à distance, — Lampes à arc et Lampes à incandescence, — Électrochimie et Galvanoplastie.

Les récompenses consisteront en primes en espèces (jusqu'à concurrence de 500,000 francs pour l'ensemble du concours), distinctions honorifiques, médailles d'or d'argent et de bronze, et diplômes commémoratifs.

Une exposition internationale d'importation et d'exportation sera annexée au concours.

Le conseil de la *Société des Arts*, de Londres, a mis au concours la question des moteurs pour éclairages électriques : deux médailles d'or et quatre médailles d'argent seront décernées aux personnes qui auront envoyé les machines reconnues les meilleures par un jury composé de trois membres nommés par le comité.

Les moteurs seront partagés en deux classes, chaque classe pouvant prétendre à la moitié des récompenses.

Classe A. — Machines à vapeur avec chaudières locomobiles ou demi-fixes, avec ou sans condensation. Machines à gaz d'éclairage ou à gaz à eau, avec appareil producteur de gaz.

Classe B. — Machines à vapeur sans chaudière, avec ou sans condensation. Moteurs à gaz d'éclairage ou autre. Moteurs hydrauliques.

Dans chaque classe, il sera prévu deux groupes, l'un pour les machines de dix chevaux au moins, l'autre pour les machines de vingt chevaux au moins, la puissance étant mesurée au frein.

Sans entrer dans le détail du programme, nous croyons utile de reproduire le § 8, ainsi conçu :

La plus grande importance sera attachée aux points suivants: 1° régularité de la vitesse estimée par le nombre de tours par minute sous des charges variables; 2° régularité de la vitesse aux différentes périodes d'un tour; 3° possibilité de faire varier automatiquement la vitesse pour satisfaire au service des lampes à arc; 4° absence de bruit; 5° prix d'achat; 6° dépenses en marche; 7° dépense d'entretien.

Le concours aura lieu à Londres, en mai ou en juin prochain. Les demandes doivent être adressées, jusqu'au 28 février 1887, à la *Société des Arts*.

On télégraphie de Philadelphie au *Times*, de Londres, que M. Edison, le célèbre inventeur américain, est dangereusement malade.

Le Conseil d'administration de la Société des tramways, sur la 3e avenue, à New-York, a décidé de renoncer à la traction par chevaux et d'adopter la traction électrique.

Éclairage Électrique

Dans sa séance du 23 décembre dernier, le Conseil municipal de Paris a supprimé du budget le crédit de 35,000 francs affecté, les années précédentes, à l'éclairage électrique de la place du Carrousel. Cette installation avait été faite dans des conditions défectueuses et avait toujours fonctionné d'une manière peu satisfaisante.

Les abonnés de l'Opéra ont pu remarquer, depuis quelques jours, que l'éclairage électrique est remplacé par le gaz, dans ce théâtre. Cette interruption momentanée est due à ce que la Société Edison procède à la mise en place des nouvelles machines et transforme l'installation provisoire, devenue insuffisante pour les besoins du service. En même temps, on exécute quelques remaniements de canalisation, pour qu'il ne puisse se produire d'extinction de quelque importance en cas d'accident aux machines électriques ou aux moteurs à vapeur.

On se propose de fonder à Fontainebleau une Société d'éclairage électrique au capital de 200,000 francs, qui fournira la lumière électrique à ses abonnés aux conditions suivantes :

Art. 1er. — Le courant électrique nécessaire à la production de la lumière est amené jusqu'à l'établissement du consommateur, au moyen d'appareils spéciaux et aux frais de la Compagnie, y compris l'installation interieure, qui comprend la fourniture, la pose des lampes, fils isolés, torsades de soie et la pose d'un compteur, s'il y a lieu.

Art. 2. — Les appareils, tels que lustres, lyres, appliques, etc., sont payés par l'abonné.

Tous les appareils en usage pour le gaz servent pour l'éclairage électrique. Les lampes électriques sont remplacées gratuitement par la Compagnie, lorsque leur

mise hors de service provient d'usure; dans d'autres cas, elles sont fournies au prix de 6 francs.

Art. 3. — L'abonnemeet à l'éclairage électrique se fait de trois manières :

1° A prix fixe;

2° Au compteur;

3° A forfait.

Art. 4. — Le prix fixe est de 4 fr. 50 par lampe et par mois, ou 54 francs par an, pour les abonnés fermant à dix heures du soir.

Tout abonné qui éclairerait passé dix heures, paye un supplément de 5 centimes 1/4 par lampe et par heure; ce supplément sera payé le lendemain du jour où le fait se sera produit.

Le prix fixe est de 6 francs par lampe et par mois, ou 72 francs par an, pour les abonnés fermant à minuit et demi.

Art. 5. — Le prix de l'abonnement au compteur est fixé à 5 centimes par lampe et par heure.

La Compagnie se réserve expressément le droit de fournir des compteurs en location au tarif suivant :

Pour une installation de moins de 10 lampes, 1 franc par mois;

Pour une installation de moins de 20 lampes, 1 fr. 50 par mois;

Pour une installation de 30 lampes et au-dessus, 2 fr. 50 par mois.

Les heures-lampes enregistrées par le compteur sont relevées par l'employé à la fin du mois.

Art. 6. — Le prix de l'abonnement peut être fixé à forfait pour les installations au-dessus de 30 lampes.

Art. 7. — L'installation intérieure peut être faite au *compte de l'abonné* et à raison de 20 francs par lampe. Cette installation devient alors la propriété de l'abonné, et le prix fixe est de 4 francs par lampe et par mois, ou 48 francs par an, pour les abonnés fermant à dix heures du soir. Le prix fixe est de 5 fr. 50 par lampe et par mois, ou 66 francs par an, pour les abonnés fermant à minuit et demi.

Le prix de l'abonnement au compteur est fixé à 5 centimes par lampe et par heure.

Art. 8. — L'abonné à prix fixe aura le droit de quitter son abonnement à prix fixe pour celui du compteur.

Art. 9. — Dans le cas où l'installation chez l'abonné se fait par voie aérienne, il est tenu de donner sur le faîte de la maison qu'il habite un point d'ippui pour la pose du câble.

Art. 10. — Il est interdit à l'abonné de changer, sans l'autorisation de la Compagnie, quoi que ce soit à son installation et notamment de faire aucune addition, sous peine de tous dommages-intérêts.

Art. 11. — La durée de l'abonnement est de cinq ans au minimum.

Art. 12. — La durée de l'abonnement est consentie pour cinq années. Le renouvellement aura lieu pour le même temps, aux mêmes conditions, à moins d'un avertissement donné par la Compagnie ou par l'abonné, trois mois avant l'expiration de la dernière année de jouissance; en cas de cession de son fonds de commerce, l'abonné s'engage à imposer à son successeur l'exécution des présentes.

Art. 13. — Le payement des abonnements à prix fixe et au compteur se fait mensuellement, celui des abonnements à forfait par douzièmes du prix et par mois.

Le prix est recouvré par voie de quittance signée par le Directeur. A défaut de payement dans les cinq jours qui suivront la présentation de la quittance, sur le refus seul de payement et sans qu'il soit besoin de mise en demeure, la Compagnie aura le droit de supprimer l'éclairage, sans être pour cela déchue du droit de poursuivre par les voies légales l'exécution des présentes conventions.

Art. 14. — L'abonné s'interdit, sous peine de tous dommages et intérêts, de se servir pour son éclairage, pendant toute la durée de la présente police, d'une autre lumière électrique que celle fournie par la Compagnie.

Art. 15. — L'installation extérieure sera faite *gratuitement* par la Compagnie aux abonnés, qui deviendront propriétaires d'une action de la Compagnie par 5 lampes à installer chez eux.

Art. 16. — La Société, représentée par M. X., s'engage à être constituée et à fonctionner dans le délai de six mois à partir du jour où elle aura l'adhésion d'abonnés pour un chiffre de 1,000 lampes.

Si, à partir du 1er avril 1887, la Société n'a pu obtenir le nombre d'adhésions nécessaires pour former ce chiffre, *il est entendu* que la Société fondatrice et ses représentants sont quittes de toute obligation envers les souscripteurs des polices provisoires et que lesdits souscripteurs sont également libérés de tout engagement envers elle. Les polices provisoires n'auront d'effet qu'à partir de l'entrée en fonction de l'éclairage, qui sera indiquée à chaque souscripteur.

Art. 17. — Les frais des présentes, ainsi que leur enregistrement, s'il y a lieu, seront supportés par l'abonné.

Il vient de se former à Nice une Société d'éclairage électrique au capital de 850,000 francs. Le titre de la nouvelle entreprise est : *Société d'éclairage électrique de Nice*, et elle a pour but la création d'une usine centrale d'électricité. Les promoteurs semblent surtout désireux d'établir des prix inférieurs à ceux du gaz, ce qui ne paraît pas nécessaire dans une ville de luxe comme Nice.

En 1885, le Conseil municipal de la ville de Bayreuth, en Bavière, avait nommé une commission pour étudier l'installation d'une usine centrale d'électricité. On avait d'abord pensé à utiliser une force hydraulique disponible dans la ville, mais celle-ci n'était que de 40 chevaux et pouvait à peine fournir le quart de l'éclairage

municipal. Il a donc fallu renoncer à cette solution, et la commission a du étudier les moyens de produire la lumière électrique par des machines à vapeur; à cet effet, elle s'est adressée à la Compagnie Edison et à la maison Schuckert, pour leur demander des devis d'installation. D'après les chiffres fournis par ces deux constructeurs, la lumière électrique serait revenue, à Bayreuth, sensiblement plus cher que le gaz. Ce résultat a dédidé le Conseil à abandonner, pour le moment, ses projets d'éclairage électrique.

Jusqu'à la fin de l'année dernière, la Compagnie allemande Edison, de Berlin, était obligée. par traité, d'acheter ses machines dynamo chez MM. Siemens et Halske, mais la Société peut, aujourd'hui, se fournir où elle veut, ou bien construire des machines dans ses propres usines. Tous les préparatifs ont été faits pour commencer la construction dès que le Conseil d'administration de la Compagnie aura statué sur la question.

La maison Schuckert, de Nuremberg, a été chargée, par le Conseil municipal de Metz, d'éclairer certaines rues de la ville à la lumière électrique, à titre d'essai.

Les autorités municipales d'Erfurth, en Allemagne, s'occupent en ce moment très sérieusement d'un projet d'installation d'une usine d'électricité municipale dans la ville.

La municipalité de la ville de *Lorca,* en Espagne, a décidé d'introduire l'éclairage électrique dans cette ville, et recevra des soumissions à cet effet. La ville donnera un monopole de 50 ans et s'engage à prendre 260 lampes de 20 bougies, au prix de 18,000 francs par an. Le prix de la lumière fournie aux particuliers n'est pas fixé.

Les machines à courants alternatifs, ainsi que les transformateurs qui feront partie de l'installation centrale d'éclairage électrique à Rome, seront fournis par la maison Ganz et Cie, de Budapest. Les transformateurs seront du système Zipernowski-Deri. MM. Ganz et Cie ont installé des usines centrales de lumière électrique à Milan, Turin, Bogni di Lucca, Treviso, Lucerne, Gerona, et à Montevideo.

La municipalité d'*Avellino*, en Italie, vient de traiter avec MM. Taddei, ingénieurs électriciens de Turin, pour l'éclairage électrique de la ville. L'installation comprendra 250 lampes à incandescence du système Cruto, dont 40 de 32 bougies, 30 de 24, 80 de 16, et 100 de 10 bougies chacune. La « Piazza della Liberta » sera éclairée par des foyers à arc de 250 bougies. Le courant sera fourni par des dynamos Thury, actionnées par un moteur à vapeur de 150 chevaux.

On annonce que le pape a donné son consentement à l'installation de la lumière électrique dans la cathédrale de Milan.

Pour éviter l'emploi des torches dans les nécropoles de la Haute-Égypte, on va essayer de les éclairer au moyen de lampes à incandescence. Les torches couvrent, en effet, les inscriptions, les bas-reliefs et les peintures d'une couche désastreuse de noir.

Dans quelques jours le canal de Suez sera pourvu de foyers électriques sur tout son parcours, et les navires pourront traverser le canal la nuit aussi bien que le jour.

La Compagnie Maxim Weston a proposé au conseil municipal de Halifax, en Angleterre, d'éclairer la ville à la lumière électrique avec 1,000 lampes à incandescence de 20 bougies, moyennant la somme de 75,000 francs une fois pour toutes, ou bien d'entretenir l'installation au prix de 17,500 francs par an. Le conseil ne s'est pas encore prononcé d'une façon définitive.

La Compagnie Edison a été chargée d'installer la lumière électrique à bord du vaisseau de guerre américain *le Chicago.*

Il y a actuellement neuf grandes Sociétés, aux États-Unis, qui s'occupent exclusivement de la fabrication de charbons pour la lumière électrique. Sept d'entre elles se sont entendues pour établir un prix uniforme de leurs marchandises, qui a été fixé, pour 1,000 pieds, à 60 francs pour le charbon de 1/16 pouces sur 12 pouces, à 75 francs pour ceux de 1/2 pouce sur 12, et à 125 francs pour ceux de 5/8 pouce sur 12.

Une Exposition d'électricité a lieu, ce mois-ci, à Mexico. Depuis deux ans, les rues de la ville sont éclairées à la lumière électrique, et le nombre de lampes va être augmenté de 40. La ville San-Luiz de Potosi vient également d'adopter l'éclairage électrique dans ses rues.

Télégraphie et Téléphonie

La première ligne télégraphique souterraine fut construite en Allemagne, en 1876, en moins de trois mois; elle avait une distance de 176 kilomètres. En 1881, on avait complété tout un réseau souterrain comprenant tous les grands centres commerciaux et militaires de l'Empire, depuis Kœnigsberg jusqu'à Strasbourg. La longueur du réseau est d'environ 5,463 kilomètres de câbles, avec 37,372 kilomètres de fils. Chaque câble contient de 4 à 7 fils, selon les besoins du trafic. Les frais se sont élevés à 37 millions de francs environ.

Les recettes du département des télégraphes, en Angleterre, pendant les derniers neuf mois de l'année 1886, présentent une augmentation de 1 million de francs sur les recettes de la même période de l'année 1885. L'augmentation pour toute l'année a été de 750,000 francs, l'année 1886 ayant donné un total de 44,500,000 francs contre 43,750,000 francs en 1885.

Le nombre total des dépêches transmises par la *Western Union Telegraph C*e de New-York, pendant l'exercice annuel qui a pris fin le 30 juin dernier, s'élève à 43,289,807. Toutes les autres Compagnies télégraphiques ont transmis à peu près 20 millions de dépêches, de sorte que le total a été d'environ une dépêche par habitant.

L'Administration impériale des télégraphes du Brésil vient d'ouvrir une station télégraphique de quarantaine dans le lazaret situé sur l'île Grande, au sud de Rio-de-Janeiro. La taxe des correspondances échangées avec ce nouveau bureau est de 2 francs par mot à partir de Pernambuco, ou de 10 fr. 12 1/2 c. par mot à partir de Lisbonne.

Le Ministre des Postes et Télégraphes s'est rendu à Bruxelles, la semaine dernière, pour conférer avec le Ministre des Télégraphes en Belgique, en vue d'étudier les moyens de relier les abonnés des réseaux téléphoniques de Paris et de Bruxelles.

Le département des Postes et Télégraphes, en Allemagne, emploie beaucoup les nouveaux câbles téléphoniques sans induction, de MM. Felten et Guilleaume, de Cologne. Ces câbles aériens contiennent généralement de 27 à 30 fils; mais on construit aussi des câbles plus petits, renfermant 14 fils. Un grand nombre de ces conducteurs sont installés à Berlin et donnent de bons résultats.

La Direction générale des Postes, en Allemagne, vient d'autoriser l'installation d'un réseau téléphonique à Minden. Le nouveau réseau sera mis en communication directe avec Bielefeld et Hanovre.

La Compagnie des téléphones, à Vienne, en Autriche, vient de porter son capital de 5 à 600,000 florins, et le réseau va recevoir une extension considérable. Les nouveaux câbles seront pour la plupart placés sous terre. Le nombre total des abonnés, à Vienne, n'atteint pas encore 1,000.

Pendant la durée de l'Exposition internationale de téléphonie, qui vient d'être ouverte à Bruxelles par les soins de la Société belge des Ingénieurs, il sera donné, par les exposants, des conférences, tous les vendredis, à 8 heures 1/2 du soir, mais seulement pour les membres de la Société. Les principaux électriciens de l'étranger et de la Belgique ont, paraît-il, fait des envois importants à cette Exposition, qui sera très complète. Des essais et des expériences comparatives y seront faits par les soins du Comité organisateur.

Pendant les mois d'août, septembre et octobre 1886, le nombre des télégrammes échangés par voie téléphonique entre les abonnés des anciens réseaux belges et les bureaux télégraphiques de raccordement, s'est élevé à 95,505, ainsi répartis :

Bruxelles.....	24,662	télégrammes.
Anvers.....	18,291	—
Liège.....	14,133	—
Charleroi.....	11,422	—
Gand	9,229	—
Mons.....	8,148	—
Verviers.....	5,528	—
Louvain.....	3,789	—

Comparé au mouvement des trois mois correspondants de l'année précédente, ce nombre accuse une augmentation de 11,541 dépêches, ou de 13,78 o/o.

En outre, pendant la même période de l'année 1886, les nouveaux réseaux de Namur, Ostende, la Louvière et Courtrai ont fourni un total de 7,750 télégrammes téléphonés.

Un réseau téléphonique est ouvert à Glaris, en Suisse, depuis le 1er janvier 1887.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 29 JANVIER 1887 N° 5

SOMMAIRE. — Sur les lignes de courant dans les milieux anisotropes et un cylindre tordu ; B. Elie. — Détails de construction des machines dynamos ; G. Richard. — Le régulateur Pieper ; E. Meylan. — Les jauges électriques ; E. Dieudonné. — Revue des travaux récents en électricité : Méthode de mesure de la force électromotrice de l'arc électrique ; par L. Arons. — Les piles au bichromate de soude et de potasse, par S.-L. Harding. — Nouvelles recherches sur la résistance apparente de l'arc voltaïque. — Nouvelles méthodes pour observer les oscillations électriques ; par R. Colley. — Reproduction de l'unité mercurielle de Siemens, par Strecker. — Évaluation de l'ohm, par M. F. Himsted. — Mesure de la force électromotrice de l'arc électrique, par M. von Lang. — Sur la résistance au passage dans l'arc électrique, par M. Edlund. — Résistance électrique de l'air raréfié, par Th. Homér. — Sur la rotation électromagnétique du plan de polarisation et sur quelques cas particuliers de la réfraction, par M. Brace. — Mesure de la constante de la rotation électromagnétique du plan de polarisation de la lumière du sodium dans le sulfure de carbone, par A. Koepsel. — Sur la grandeur des tourbillons moléculaires de Maxwell et sur la densité de l'éther lumineux, par L. Graetz. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr H. Michaëlis. — Autriche ; J. Kareis. — États-Unis ; J. Wetzler. — Correspondance. — Faits divers.

SUR

LES LIGNES DE COURANT

DANS

LES MILIEUX ANISOTROPES ET UN CYLINDRE TORDU

I. — Après avoir dans un précédent article [1], tiré des équations de conductibilité proposées par Maxwel [2], quelques conséquences relatives aux conducteurs plans, il nous reste à les appliquer à des conducteurs quelconques. Je récrirai ces équations sous la forme :

$$(1)\qquad \begin{aligned} u &= a\frac{dV}{dx} + s_1\frac{dV}{dy} + q_2\frac{dV}{dz} \\ v &= s_2\frac{dV}{dx} + b\frac{dV}{dy} + p_1\frac{dV}{dz} \\ \omega &= q_1\frac{dV}{dx} + p_2\frac{dV}{dy} + c\frac{dV}{dz} \end{aligned}$$

abc et *pqs* étant les coefficients de conductibilité longitudinale et transversale (rotatoire) ; V le potentiel au point de coordonnées rectangles xyz ; uvw les composantes au même point de l'intensité du courant, composantes qui, introduites dans l'équation de continuité

$$\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{d\omega}{dz} = 0$$

donnent :

$$(2)\qquad a\frac{d^2V}{dx^2} + b\frac{d^2V}{dy^2} + c\frac{d^2V}{dz^2} + (p_1 + p_2)\frac{d^2V}{dy\,dz} + (q_1 + q_2)\frac{d^2V}{dz\,dx} + (s_1 + s_2)\frac{d^2V}{dx\,dy} = 0$$

Ces équations méritent notre attention, car elles se présentent dans plusieurs chapitres de l'électricité, tels que l'induction magnétique ou électrostatique. En raison de la proportionnalité généralement observée entre les conductibilités thermiques et électriques, elles s'appliquent aussi à la chaleur et l'on peut en voir une étude détaillée dans la théorie analytique de la chaleur de Lamé, à propos de la conductibilité cristalline. Il semble même que le phénomème de Hall devrait se retrouver dans l'étude de la chaleur, si tant est qu'il est dû à une anisotropie de la matière. On pourrait rappeler à ce sujet les expériences de Naggi, qui

(1) *La Lumière Électrique*, 8 janvier 1887.

(2) *A Treatise on Electricity*, t. I, ch. VIII.

reprenant la méthode de De Sénarmont, sur la conductibilité, a vu la cire fondue, sur une lame de fer placée entre des pôles d'aimant, dessiner une ellipse. Il est vrai que MM. Naccari et Bellati [1] ont mis en doute ce résultat. Mais d'après ce qui a été dit précédemment, il faut pour que l'isotherme soit une ellipse, que les lignes de force soient inclinées sur la lame de fer, et je ne sais si les expériences ont été conduites de cette façon.

II. — Une première remarque qu'on utilisera par la suite, est que si les $p_1 q_1 s_1$ sont respectivement égaux aux $p_2 q_2 s_2$, dans un système d'axes, l'égalité est conservée dans tout autre. Les $p' q' s'$, $a' b' c'$ dans le nouveau système, sont alors liés aux pqs, abc de l'ancien, comme le sont les coefficients des deux équations d'un même ellipsoïde rapporté à son centre et à deux systèmes des coordonnées [2].

Il en résulte qu'il existe dans ce cas une orientation telle que les pqs sont nuls. Dans le cas général où p_1 diffère de p_2 etc., il résulte encore des (α) de la note, que par un choix d'axes convenables, on peut annuler les sommes $p_1 + p_2$ etc., et écrire les équations (1) et (2) :

$$(3)\qquad \begin{aligned} u &= a\frac{dV}{dx} - s\frac{dV}{dy} + q\frac{dV}{dz} \\ v &= s\frac{dV}{dx} + b\frac{dV}{dy} - p\frac{dV}{dz} \\ \omega &= -q\frac{dV}{dx} + p\frac{dV}{dy} + c\frac{dV}{dz} \end{aligned}$$

$$(4)\qquad \Delta_2 V = a\frac{d^2 V}{dx^2} + b\frac{d^2 V}{dy^2} + c\frac{d^2 V}{dz^2} = 0$$

Le caractère rotatoire des coefficients pqs est mis en evidence si l'on forme les différences :

$$\frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy} \text{ etc.....}$$

On sait qu'elles représentent dans d'autres théories, ou la rotation élémentaire d'un élément fluide, ou la force magnétique d'un champ, ou l'intensité d'un courant, suivant la signification des $u\,v\,x$. Formons ces différences en supposant $a = b = c$, et l'on trouve en posant :

$$\psi = p\frac{dV}{dx} + q\frac{dV}{dy} + s\frac{dV}{dz}$$

et en se rappelant que $\Delta_2 V = o$ là où il n'y a pas de source de courant :

$$\frac{d\omega}{dy} - \frac{dv}{dz} = p\frac{d\psi}{dx},\quad \frac{du}{dz} - \frac{d\omega}{dx} = q\frac{d\psi}{dy}\quad \frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy} = s\frac{d\psi}{dz}$$

Si $p = q = s$, on peut dire que le milieu est isotrope, bien que doué du pouvoir rotatoire.

Les différences mentionnées sont alors les dérivées d'une même fonction. De plus on a :

$$0 = \Delta_2 \psi$$

Leurs valeurs sont donc distribuées dans l'espace comme le sont les moments magnétiques dans un champ.

III. — Ces remarques faites, j'en arrive à l'étude de la distribution des surfaces équipotentielles et des lignes de courants dans un espace à trois dimensions.

---

[1] *Journal de Physique*, 1878, p. 175.

[2] Si, en effet, α_{123}, β_{123}, γ_{123} sont les cosinus directeurs de deux systèmes d'axes fixés de la façon suivante :

	x'	y'	z'
x.....	α_1	α_2	α_3
y.....	β_1	β_2	β_3
z.....	γ_1	γ_2	γ_3

On trouve par des calculs faciles :

$$(\alpha)\quad \begin{cases} a' = a\,\alpha_1^2 + b\,\beta_1^2 + c\,\gamma_1^2 + (p_1 + p_2)\,\beta_1\gamma_1 \\ \qquad + (q_1 + q_2)\,\gamma_1\alpha_1 + (s_1 + s_2)\,\alpha_1\beta_1 \\ b' = a\,\alpha^2 + \ldots\ldots \\ c' = \ldots\ldots \\ p'_1 = a\,\alpha_2\alpha_3 + b\,\beta_2\beta_3 + c\,\gamma_2\gamma_3 + p_1\beta_2\gamma_3 + p_1\beta_3\gamma_2 \\ \qquad + q_1\gamma_3\alpha_2 + q_2\gamma_2\alpha_3 + s_1\alpha_2\beta_3 + s_2\alpha_3\beta_2 \\ p'_2 = a\,\alpha_2\alpha_3 + b\,\beta_2\beta_3 + c\,\gamma_2\gamma_3 + p_1\beta_3\gamma_2 + p_2\beta_2\gamma_3 \\ \qquad + q_1\gamma_2\alpha_3 + q_2\gamma_3\alpha_2 + s_1\alpha_3\beta_2 + s_2\alpha_2\beta_3 \\ q'_1 = a\,\alpha_3\alpha_1 + \ldots\ldots \\ q'_2 = \ldots\ldots \\ s'_1 = \ldots\ldots \\ s'_2 = \ldots\ldots \end{cases}$$

Les valeurs non écrites se déduisant de celles écrites par les permutations des indices.

On satisfait à l'équation $\Delta_2 V = o$ par des termes de la forme :

$$V = \frac{A_1}{\rho_1}$$

où

$$\rho_1^2 = \alpha (x - x_1)^2 + \beta (y - y_1)^2 + \gamma (z - z_1)^2$$

et

$$a\,\alpha = b\,\beta = c\,\gamma = \text{const. soit} = 1$$

Une somme de termes semblables égalée à une constante, fournira les surfaces équipotentielles. Les lignes de flux s'obtiendront par l'intégration de

$$(5) \qquad \frac{d\,x}{u} = \frac{d\,y}{v} = \frac{d\,z}{\omega}$$

Admettons, en premier lieu, l'existence d'une source d'électricité placée à l'origine, c'est-à-dire faisons $x_1 = y_1 = z_1$, en ne prenant qu'un seul terme. Les équipotentielles sont des ellipsoïdes définis par l'équation :

$$(6) \qquad \alpha\,x^2 + \beta\,y^2 + \gamma\,z^2 = \rho^2 = \text{constante}$$

La détermination des lignes de courant exige que l'on distingue plusieurs cas.

Premier cas. — Les p, q, s peuvent être rendus nuls par un choix d'axes convenables ; le milieu n'a pas de pouvoir rotatoire. Les u, v, w, obtenus à l'aide de la valeur précédente de V et substitués dans (5), les transforment en équations immédiatement intégrables. Les lignes de courants sont des droites issues de l'origine. L'ensemble des surfaces de niveau et de courant résulte de trois élongations proportionnelles aux racines carrées des constanees a, b, c, et dirigées suivant trois axes rectangles, que l'on aurait fait subir à des sphères concentriques ainsi qu'à leurs rayons vecteurs.

Le même fait se présente, que l'on ait affaire à une ou plusieurs électrodes, mais je réserve pour un autre chapitre les conséquences utiles que l'on peut en tirer.

IV. — *Deuxième cas :* Les p, q, s ont les valeurs assignées dans les équations (3) ; les a, b, c, diffèrent entre eux. En substituant dans (5) u, v et w, calculés à l'aide de (3) et de (6), on obtient :

$$(7) \qquad \frac{dx}{x - s\beta y + q\gamma z} = \frac{dy}{\alpha s x + y - p\gamma z} = \frac{dz}{-q\alpha x + p\beta y + z}$$

Si on représente par P les fonctions :

$$P = p\,x + q\,y + s\,z$$

et si on désigne par $D\rho$ et DP les différentielles totales de ρ et de P, on peut tirer de (7) les trois équations :

$$(8) \qquad \begin{aligned} &2\,(z\,d\,y - y\,d\,z) + p\,D\,\rho^2 - 2\,\alpha\,x\,D\,P = 0 \\ &2\,(x\,d\,z - z\,d\,x) + q\,D\,\rho^2 - 2\,\beta\,y\,D\,P = 0 \\ &2\,(y\,d\,x - x\,d\,y) + s\,D\,\rho^2 - 2\,\gamma\,z\,D\,P = 0 \end{aligned}$$

lesquelles multipliées respectivement par x, y et z et ajoutées, donnent :

$$P.\,\rho.\,D\,\rho = 2\,\rho.^2\,D\,P$$

dont l'intégrale est (δ étant une constante) :

$$P^2 = \delta\,\rho^2$$

ou :

$$(9) \qquad \delta\,(\alpha\,x^2 + \beta\,y^2 + \gamma\,z^2) = (p\,x + q\,y + s\,z)^2$$

On peut s'assurer que les lignes de courant sont situées sur les cônes du second degré dont le sommet est à l'origine et qui sont représentés par cette équation. *A priori* on conçoit qu'elles doivent consister en spirales coniques s'éloignant de l'origine.

Il faudrait, pour les définir complètement, trouver une autre intégrale des différentielles (7) ou (8) [1].

---

[1] Par les procédés ordinaires de calcul on intègre la première des équations (8) par :

$$A \log \left(\beta\,y^2 + \gamma\,z^2\right)^{\frac{1}{2}} + \frac{\theta_1}{p\sqrt{\beta\,\gamma}} = 0$$

A étant une constante et θ_1, un angle défini par

$$\operatorname{tang} \theta_1 = \sqrt{\frac{\beta}{\gamma}}\,\frac{y - \alpha\,x\,\dfrac{p\,q\,\gamma}{1 + p^2\,\beta\,\gamma}}{z - \alpha\,x\,\dfrac{p\,s\,\beta + q}{1 + p^2\,\beta\,\gamma}}$$

On obtient les solutions des deux autres en permutant les lettres x, y, z, α β γ, p, q, s, dans la solution précédente.

Mais leur forme compliquée apprend moins à l'esprit que l'examen du cas plus simple où a b et c sont égaux, ce qui laisse d'ailleurs au milieu son caractère rotatoire et n'altère pas le type de la solution.

V. — Le cône (9) est alors de révolution et son axe est perpendiculaire au plan $P = o$.

Divisons tous les termes des équations (8) par $\sqrt{p^2 + q^2 + s^2}$, et désignons par $l\ m\ n$ les quotients par cette quantité des $p\ q\ s$, quotients qui sont les cosinus directeurs du plan $P = o$. Prenons de nouveaux axes rectangles ox, oy, oz dont l'un oz sera l'axe du cône (9), c'est-à-dire posons

$$z = lx + my + nz$$

Si l'on ajoute alors les (8) multipliées respectivement par $l\ m\ n$, la somme des parenthèses devient la projection sur le plan P de l'aire que décrit un rayon vecteur ρ s'appuyant sur l'élément de courbe dx, dy, dz ; soit :

$$\frac{y\,dx - x\,dy}{\sqrt{p^2 + q^2 + s^2}}$$

Quant aux autres sommes, elles sont :

$$(x\,dx + y\,dy + z\,dz) - z\,dz \qquad \text{ou} \qquad x\,dx + y\,dy$$

L'intégrale est donc :

$$\sqrt{x^2 + y^2} \qquad \text{ou} \qquad R = A\,e^{-\frac{\theta}{\sqrt{p^2 + q^2 + s^2}}}$$

θ étant un angle défini par $tg\,\theta = \frac{y}{x}$. Elle représente des cylindres droits perpendiculaires au plan des z, ayant pour directrices des spirales logarithmiques tracées sur ce plan. Leurs intersections avec les cônes (9) sont des lignes de courant.

Je n'aborderai pas le cas où il y a plusieurs électrodes, parce que la solution se complique beaucoup. Elle n'offrirait d'ailleurs un intérêt pratique qu'en supposant le milieu limité par des parois. Or, à cause de la nature des lignes de courant, il n'est plus permis d'appliquer sans modifications le principe des images à l'aide duquel on résout bien des questions dans le cas ordinaire.

J'aborderai seulement les cas d'un cylindre, dans lequel on a provoqué l'anisotropie dans la conductibilité, par des actions mécaniques.

VI. — On trouvera dans le recueil d'électricité de Wiedemann [1], de nombreux faits indiquant dans quel sens les actions mécaniques altèrent la conductibilité.

Les expériences de W. Thomson en 1878 (même recueil) sont les plus curieuses à notre point de vue, parce qu'elles *semblent* impliquer l'existence des coefficients rotatoires que l'on vient d'analyser. Un courant circulait longitudinalement dans les parois d'un tube creux en cuivre ; lorsqu'on venait à tordre le tube, une aiguille aimantée située à l'intérieur était déviée, indiquant que la circulation n'était plus seulement longitudinale. Récemment J. Hopps [2] a mesuré des variations de résistance de fils divers soumis à des enroulements et des déroulements successifs. Ceci n'a rien qui doive étonner. Cependant la question qui se pose est la suivante :

Des actions mécaniques seules peuvent-elles provoquer un genre d'homogénéité qui implique l'existence des coefficients rotatoires ?

Or, il semble que l'on doive résoudre la question par la négative, au moins pour les milieux qui, bien qu'anisotropes, sont restés rigoureusement homogènes. On sait en effet, dans la théorie de l'élasticité, que quelles que soient les tensions ou les déformations produites en un point d'un milieu, ces tensions ou déformations peuvent toujours se ramener à 3 dilatations dirigées normalement à 3 plans rectangulaires, lesquelles ne pourront introduire que les 3 coefficients $a\ b\ c$ dans les équations de conductibilité. Pourtant, grâce à des artifices expérimentaux tels que ceux réalisés par W. Thomson, on pourra obtenir l'apparence d'un phénomène rotatoire, dans un milieu rigoureusement homogène et *a fortiori* dans un milieu hétérogène. C'est ce que je vais essayer d'établir.

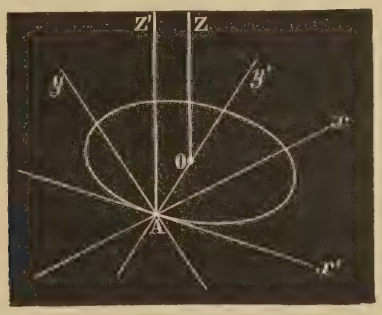
VII. — Je considère pour cela un cylindre conducteur, isotrope, homogène, soumis à une pure torsion, et un point quelconque A à son intérieur par lequel j'imagine un cylindre circulaire de même axe que le cylindre principal.

---

(1) *Die Lehre von der Electricitat*, t. 1, p. 519.
(2) *Phil. Mag.* 1884.

On sait qu'il en résulte un glissement (dénomination de de St-Venant), dirigé suivant une horizontale tangente au cylindre dont l'axe est supposé vertical, et que ce glissement est équivalent à deux dilatations, égales de signes contraires, rectangles entr'elles et à 45 degrés du glissement. Autrement dit, l'ellipsoïde de déformation se réduit à une ellipse tangente au cylindre, d'axes inclinés de 45 degrés sur l'horizon.

On doit admettre, pour raison de symétrie, que ces dilatations ne peuvent produire que des altérations de conductibilité daus leurs propres directions; si Ax et Az sont ces directions, L la conductibilité du cylindre isotrope, les coefficients de conductibilité longitudinale suivant Ax et Ay deviendront L — θ, L + θ, θ étant une constante proportionnelle à la déformation au point A. Si



l'on cherche les coefficients de conductibilité, en prenant pour nouveaux axes des coordonnées une génératrice Az' du cylindre et la tangente Ax' en A, on s'assure, par les relations (α) de la note du n° 2 de ce chapitre, que les nouveaux coefficients a', b', c' de conductibilité longitudinale sont tous égaux à L et que q'_1 ou q'_2 ne sont pas nuls mais égaux à θ; ce qui correspond bien au théorème d'élasticité énoncé plus haut, à savoir que tout glissement est équivalent à deux dilatations égales et de signes contraires à 45 degrés du glissement et inversement.

Ceci provient de ce que les six coefficients de conductibilité et les six déformations que l'on considère en élasticité, sont régis par les mêmes formules de transformation, lorsqu'on change de système de coordonnées.

Rapportons maintenant le milieu, non aux axes Ay' et Ax' et Ao ou Aoy' qui sont variables avec la position du point A, mais à l'axe oz du cylindre et à deux autres, ox, oy, perpendiculaires entr'eux et au cylindre. Les formules (α) de la note du numéro 2 nous donneront les coefficients de conductibilité d'un point quelconque rapportés à ce nouveau système. Les cosinus directeurs reliant ces systèmes sont donnés par

	x'	y'	z'
x	$\cos\alpha$	$\sin\alpha$	0
y	$-\sin\alpha$	$\cos\alpha$	0
z	0	0	1

Ainsi α_1 α_2 β_1 β_2 γ_3 doivent être remplacés dans les deuxièmes membres respectivement par $\cos\alpha$, $\sin\alpha$ — $\sin\alpha$, $\cos\alpha$ et 1; enfin q_1 et q_2 par θ, quantité qui est proportionnelle à la déformation, c'est-à-dire à la distance du point A à l'axe du cylindre. On trouve ainsi que les coefficients longitudinaux a b c ne reçoivent aucun accroissement, c'est-à-dire restent égaux entre eux et à la conductibilité primitive L. Les coefficients transversaux $p_1 = p_2$ et $q_1 = q_2$ deviennent respectivement — $\theta \sin\alpha$ $\theta \sin\alpha$ et $\theta \cos\alpha$.

Ainsi le milieu, bien qu'hétérogène, ne possède pas la propriété rotatoire proprement dite, que caractérise l'inégalité des coefficients p_1 et p_2, etc.

Ces valeurs des coefficients substitués dans les équations (4) leur donnent alors la forme suivante, où l'on a remplacé θ par Pr; P étant une quantité proportionnelle à l'angle de torsion du cylindre et r la distance du point A à l'axe oz.

$$u = \mathrm{L}\frac{dV}{dx} + \mathrm{P}r\cos\alpha\frac{dV}{dz}$$

$$v = \mathrm{L}\frac{dV}{dy} - \mathrm{P}r\sin\alpha\frac{dV}{dz}$$

$$\omega = \mathrm{P}r\left(\cos\alpha\frac{dV}{dx} - \sin\alpha\frac{dV}{dy}\right) + \mathrm{L}\frac{dV}{dz}$$

On a ainsi tout ce qui est nécessaire pour traiter la propagation de l'électricité dans un cylindre rendu hétérogène par la torsion. Le plus commode pour achever la solution, serait de passer aux coordonnées cylindriques. Afin de ne pas fatiguer le lecteur de transformations algébriques, plutôt longues que difficiles, je me permettrai de consigner le résultat final auquel on arrive, lorsqu'on suppose le potentiel indépendant de l'azimuth α, ce qui doit être, et de la distance r du point considéré à l'axe, ce qui semble naturel dans un mouvement permanent.

La composante du courant, suivant les rayons du cylindre, est $L \frac{dV}{dr}$ et elle est nulle d'après l'hypothèse.

Les composantes V_1 et W_1 suivant les tangentes à la circonférence du cylindre et suivant sa génératrice, sont respectivement:

$$V_1 = P r \frac{dV}{dz} \qquad W_1 = L \frac{dV}{dz}$$

Ainsi l'intensité, suivant les génératrices, n'a pas changé. La composante latérale V_1 combinée avec W_1, montre que les courants circulent à l'intérieur du cylindre hétérogène, suivant des hélices dont le pas tend vers l'infini lorsqu'on se rapproche de l'axe indéfiniment.

Malgré cela, le milieu ne peut être considéré comme jouissant de la propriété rotatoire, puisque les coefficients p_1 p_2, etc., sont égaux. Mais la déviation des courants explique leur action sur un aimant, action constatée dans l'expérience de W. Thomson.

B. Élie

DÉTAILS DE

CONSTRUCTION DES MACHINES

DYNAMOS (1)

LES ARMATURES

M. van Choate, de New-York, évite la production des courants de Foucault par une variante de la solution qui consiste (fig. 1, 2 et 3) à constituer le corps de l'armature par un fil de fer *b* enroulé sur une couronne de fer doux A, pourvue de projections *a* (fig. 4, 5 et 6), destinées à soutenir l'enroulement *b*, qui s'y enfile tout formé, et à maintenir les bobines en fil de cuivre B.

Ces bobines sont séparées par des secteurs *c* (fig. 7), pourvus de rainures de ventilation *e*, en bois pour les génératrices, en fer pour les réceptrices, et que l'enroulement extérieur des bobines affleure de manière que l'armature présente partout à l'air une surface lisse et ne fasse aucun

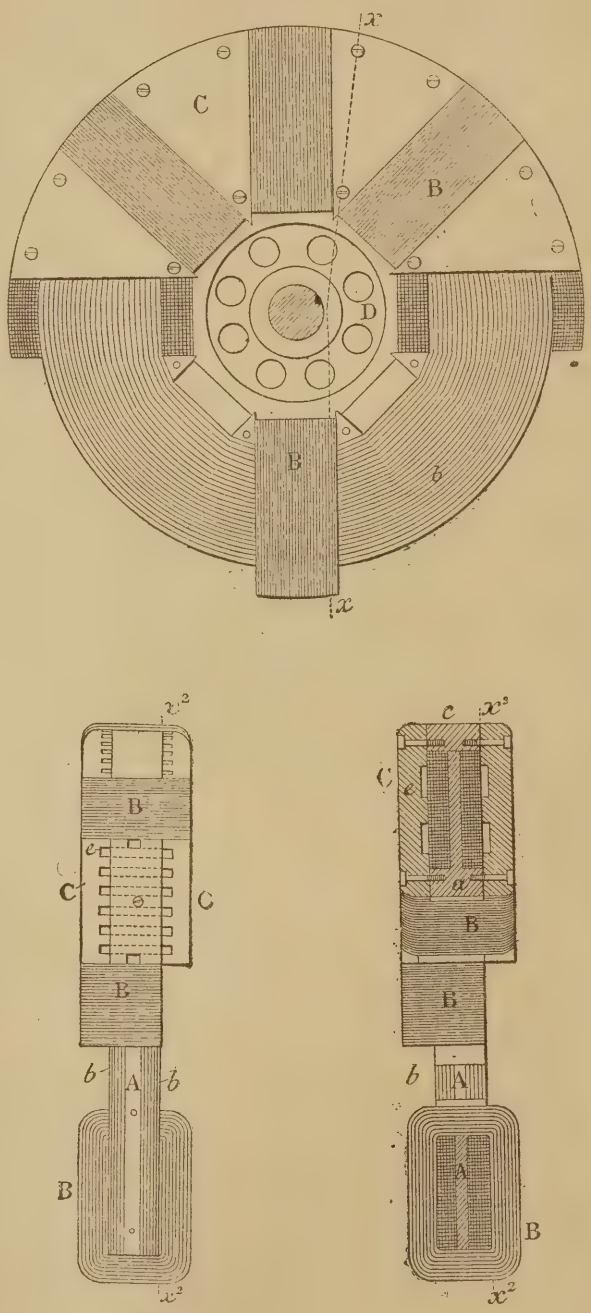


Fig. 1, 2 & 3. — Armature à disque, vues par bout, de face, coupes, par *x x* & *x2*

bruit en tournant. Le centre D (fig. 8 et 9) est muni d'ouvertures de ventilation et d'emboîtements *i*,

(1) *La Lumière Électrique* des 8 et 15 novembre 1884, avril, mai, août 1885, 9 janvier, 27 février, 24 avril, 7 août 1886.

pour recevoir l'extrémité des projections *a* (¹).

On peut évidemment appliquer ce mode de

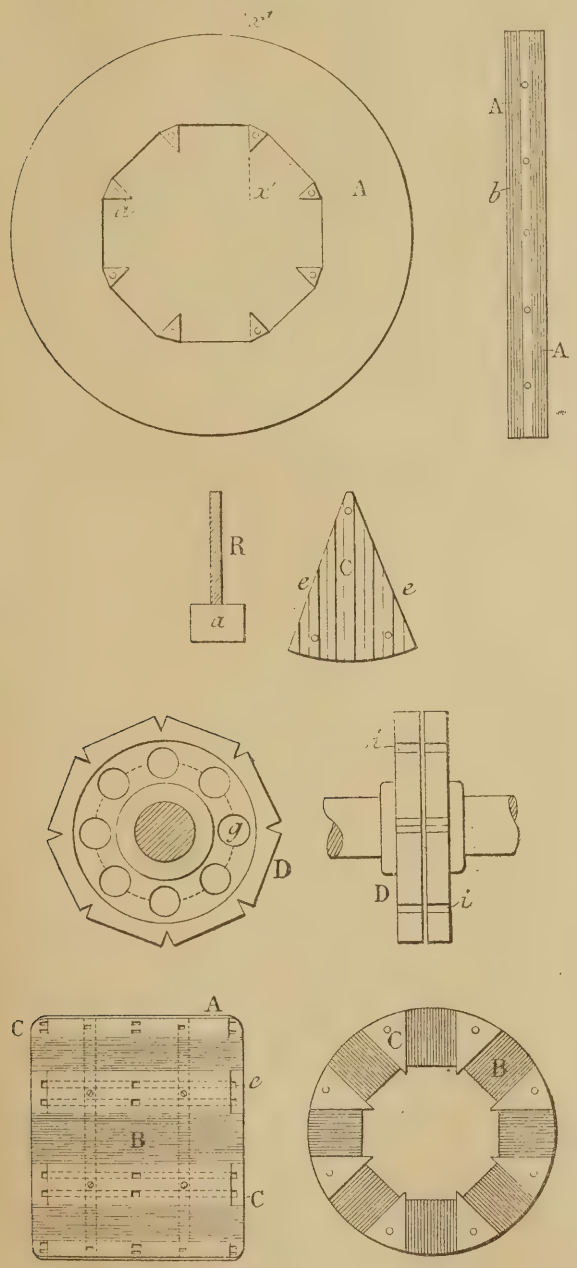


Fig. 4 & 5. — Anneau de l'armature. — Fig. 6 & 7. — Détails de l'armature. — Fig. 8 & 9. — Centre de l'armature à disque. — Fig. 10 & 11. — Armatures cylindriques.

construction aux armatures cylindriques avec des modifications de détail, faciles à imaginer d'après les indications des figures 10 et 11 affectées des mêmes lettres que les précédentes.

L'armature des dynamos à basse tension de *Sylvanus Thompson* est constituée (fig. 12 et 13) par une série de bandes de cuivre T, supportées par de légères étoiles, et reliées par des fils L qui forment un ensemble plus souple que celui des armatures à barres (¹).

On sait que la masse du fer qui constitue l'an-

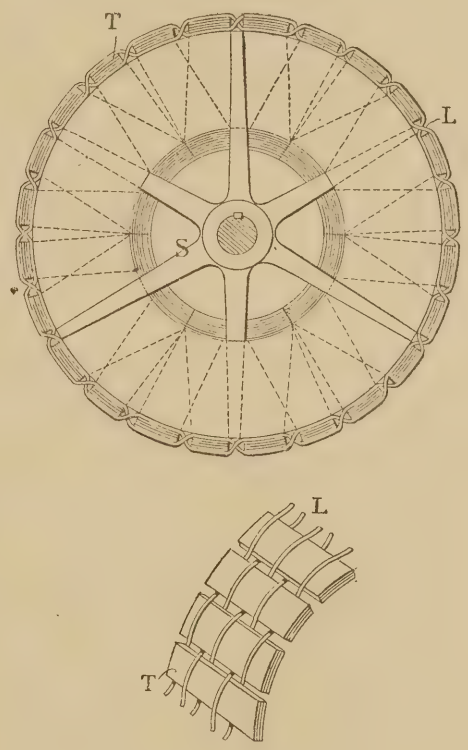


Fig. 12 & 13. — Armature à bandes

neau doit être au moins assez considérable pour qu'elle n'atteigne pas son point de saturation magnétique avant que la dynamo ne soit arrivée à produire le courant le plus intense en vue duquel on l'a construite.

Dans ses nouvelles machines *M. Gravier* n'hésite pas à donner à ses anneaux une section égale ou même notablement supérieure à celle des pôles de l'inducteur.

(¹) Voir aussi les armatures à disque de MORDAY-BRUSH, *La Lumière Électrique*, 8 novembre 1884, p. 208, 209 et SELLON, 9 janvier 1886, p. 56.

(¹) *Analogies* Armature à chaînes de RECKENZAUN; *La Lumière Electrique*, 25 avril 1885, p. 222.

Les pôles cylindriques A et B de la dynamo de *M. Gravier* représentée par les figures 14 et 15 ont 100 millimètres de diamètre, ou une section de 7854 m.m.². Ils s'épanouissent autour de l'anneau en une section demi-circulaire de 180 m.m. de base sur un arc tel que l'on ait $ab = a'b' = aa' = bb'$.

L'armature a son anneau formé par une série de disques lamellaires présentant une section de

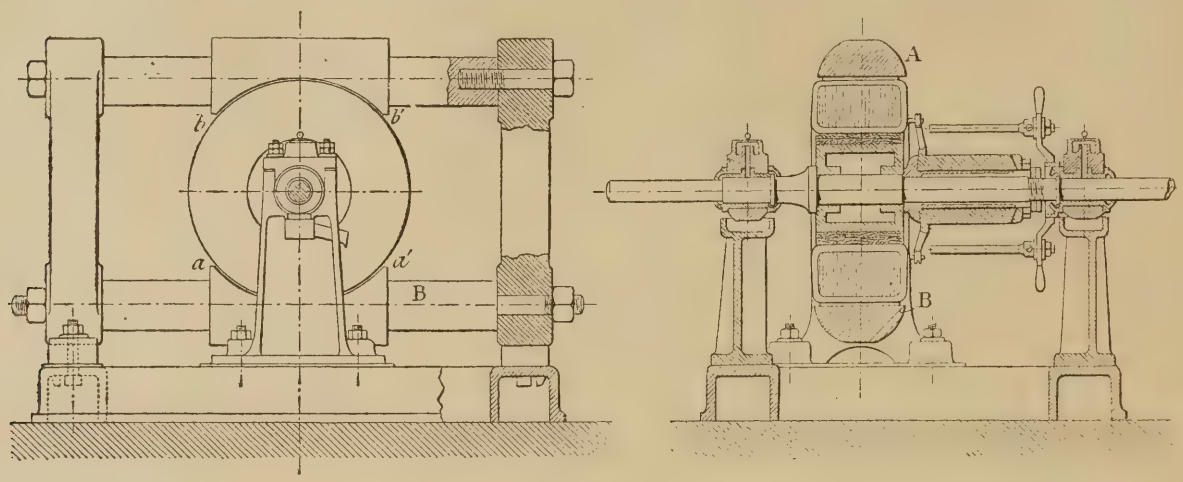


Fig. 14 & 15. — Dynamo Gravier

18564 m.m.², égale à 2,35 fois celle des pôles de l'armature.

Le poids total de la dynamo est de 800 kil. ; elle donne, à 600 tours, un courant de 530 ampères à 129,6 volts, ou d'une énergie de 93 chevaux. La

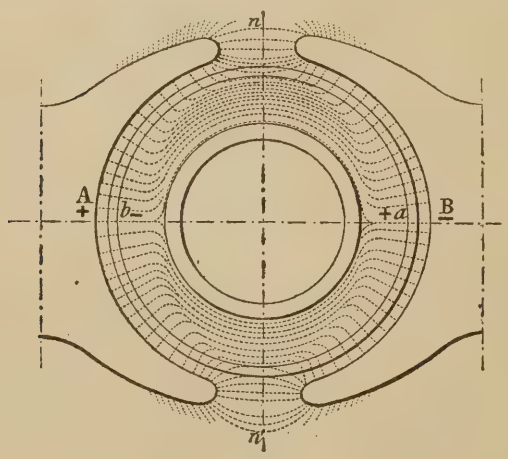


Fig. 16

dynamo pèse donc 8,60 kil. seulement par cheval électrique [1], résultat des plus remarquables, et qui est dû, comme nous le verrons plus bas, en grande partie, à l'heureuse disposition des épanouissements polaires ab, $a'b'$ autour de l'anneau.

LES INDUCTEURS

Voici par quelles considérations M. Gravier a été conduit à donner aux pôles des inducteurs de ses dynamos les formes et les dimensions représentées par les figures 19 et 20.

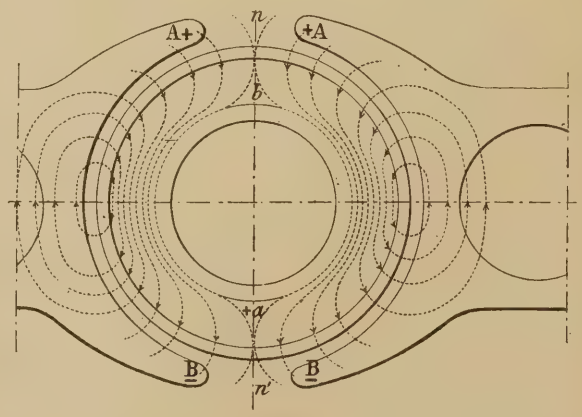


Fig. 17.

Lorsqu'un anneau ab (fig. 16) soumis à l'influence des pôles A et B est rigoureusement neutre, les lignes de force de son champ magnétique, qui pénètrent normalement des pôles dans l'anneau, s'y

(1) Ce résultat est, en effet, bien remarquable ; nous regrettons que notre collaborateur n'indique aucune expérience qui puisse le confirmer ! N. D. L R.

infléchissent et s'y distribuent symétriquement, de sorte que l'anneau se transforme en un électro-aimant à pôles rigoureusement conséquents et opposés à ceux des armatures.

Il n'en est plus de même quand l'anneau est

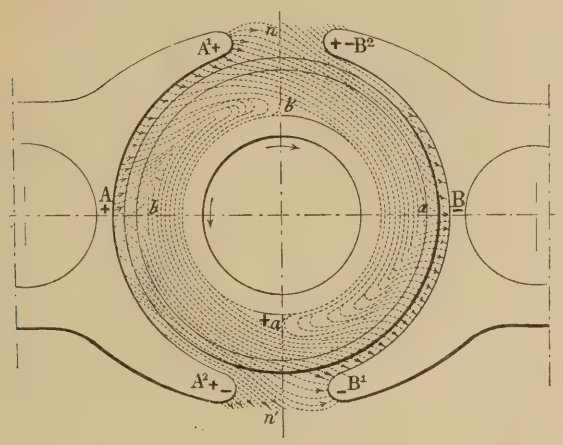


Fig. 18.

traversé, comme on le suppose sur la figure 17 par un courant entrant par un balai *b* et sortant par un balai *a*, puisque l'électro-magnétisme ainsi

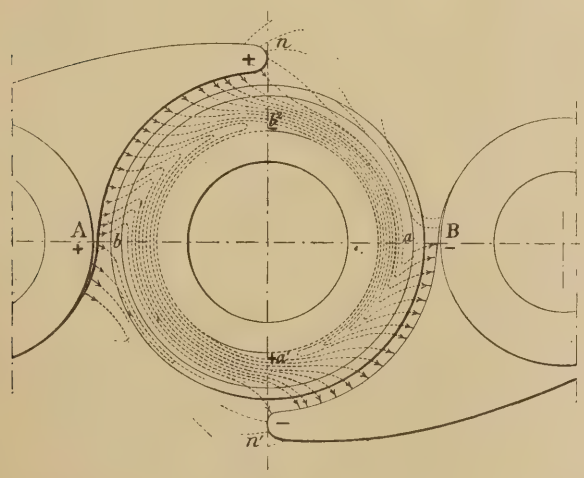


Fig. 1[illegible]

développé dans l'anneau même détermine dans l es pièces polaires des pôles opposés parasites, + A et — B, en *n* et *n'*.

Il en résulte, lorsqu'on fait passer un courant la fois dans les inducteurs et autour de l'anneau (fig. 18), une distribution des lignes de force dissymétrique, parce que les lignes propres de l'anneau et des pièces polaires s'ajoutent entre A A_1

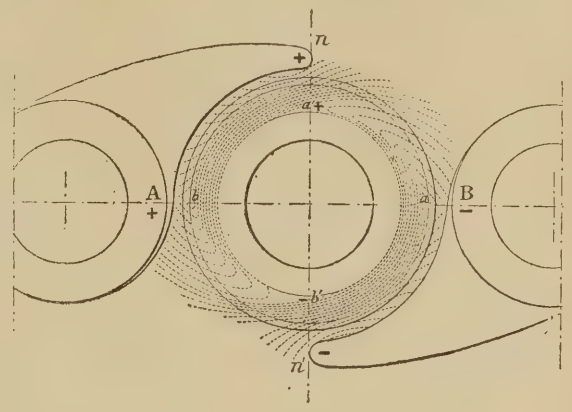


Fig. 20.

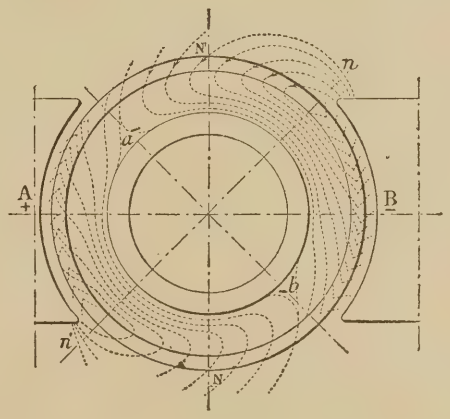


Fig. 21.

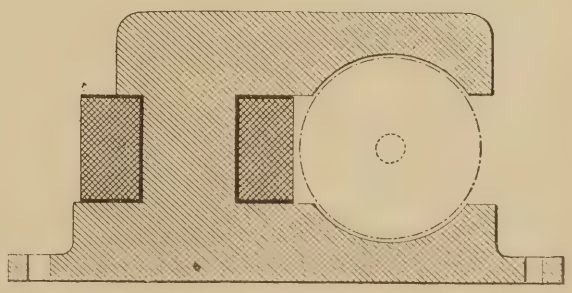


Fig. 22. — S. P. Thompson

et B B_1, tandis qu'elles se repoussent dans l'espace compris entre A A_2 et B B_2.

Les lignes de force concordantes en AA_1 BB_1 sont normales à l'anneau, tandis qu'elles s'infléchissent en AA_2 BB_2 presque tangentiellement à l'anneau, de sorte que l'intensité du courant développé par la rotation de l'anneau dans cette partie discordante du champ est très faible, ou même négative.

On doit donc supprimer les prolongements AA_2

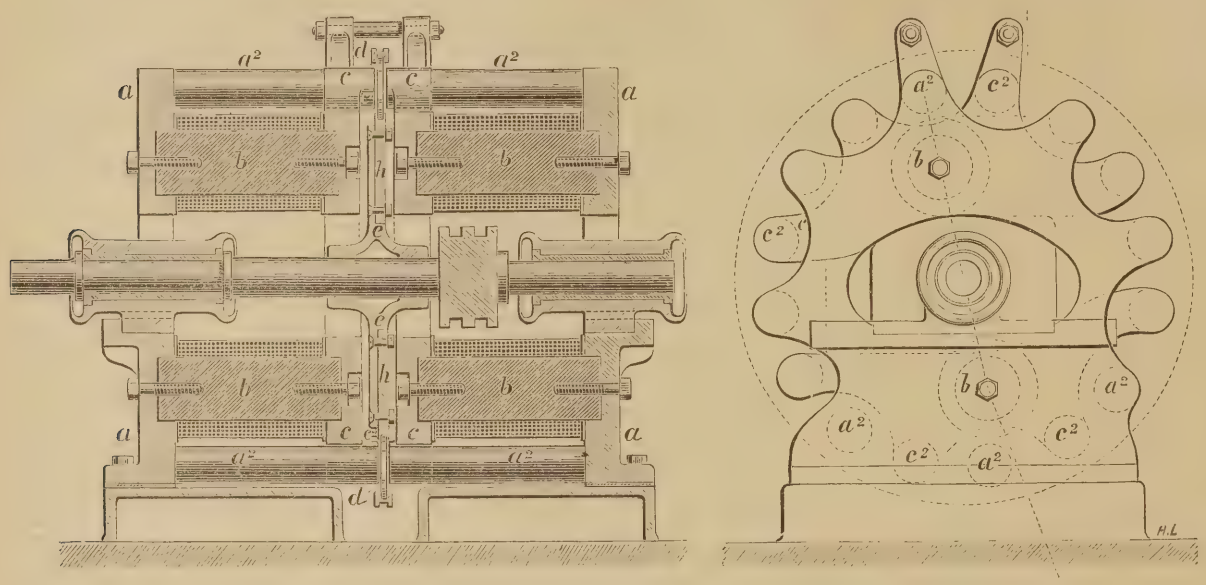


Fig. 23 et 24. — Hopkinson

BB_2 des pièces polaires comme plus nuisibles qu'utiles, et donner aux pôles des armatures les

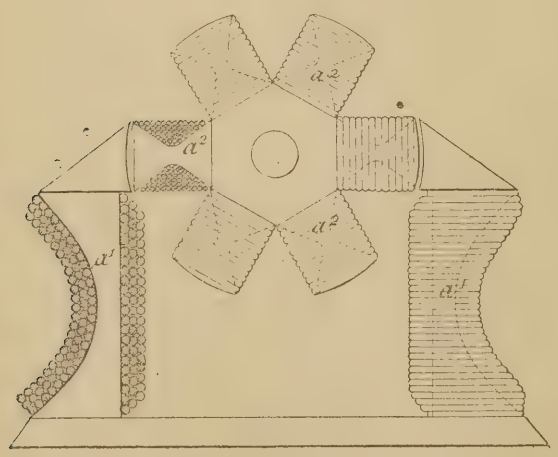


Fig. 25. — Lahaussois

formes dissymétriques représentées par les figures 19 et 20, ou la disposition symétrique représentée par la fig. 21, où les extensions polaires n'embrassent jamais que la moitié de l'anneau.

L'emploi de pièces polaires ainsi distribuées, concurremment avec des noyaux courts et massifs,

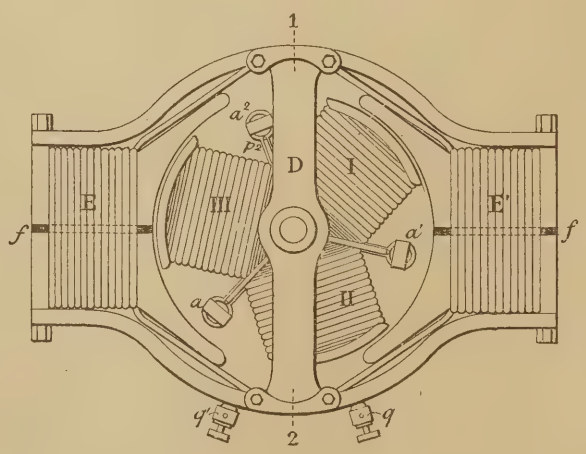


Fig. 26. — Heyman

à inertie magnétique considérable, augmente beaucoup l'intensité et la régularité du champ magnétique.

Les inducteurs à une seule bobine, de M. *Sylva-*

nus Thompson ont principalement pour objet (fig. 22) d'en simplifier la construction et d'en augmenter la puissance à poids égal.

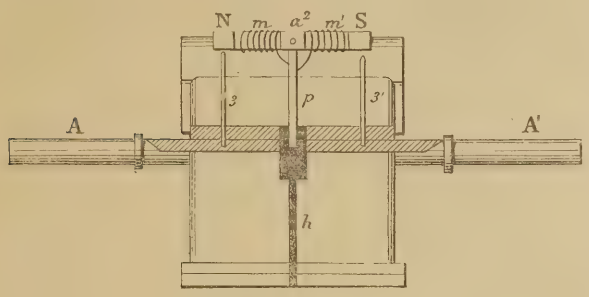


Fig. 27.

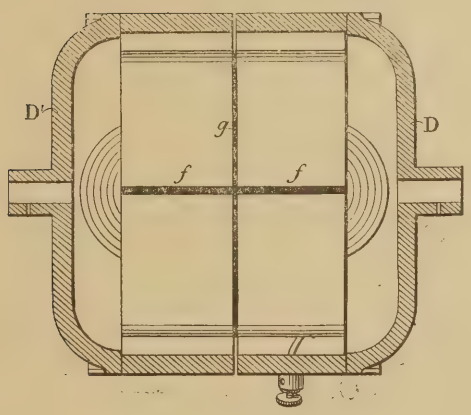


Fig. 28.

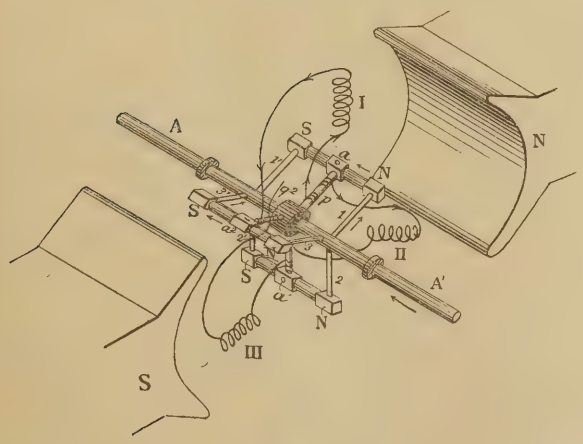


Fig. 23.

On retrouve la même économie de cuivre dans les dynamos multipolaires d'*Hopkinson*, dont les inducteurs sont disposés (fig. 23 et 24), de manière à développer, avec quatre bobines *b*, par exemple, 16 pôles a^2, c^2.

Les pôles a_2, fixés aux culasses *a*, alternent, comme l'indique la figure 24, avec les projections c_2 des pièces polaires *c*.

Les bobines *d* de l'armature sont, comme on

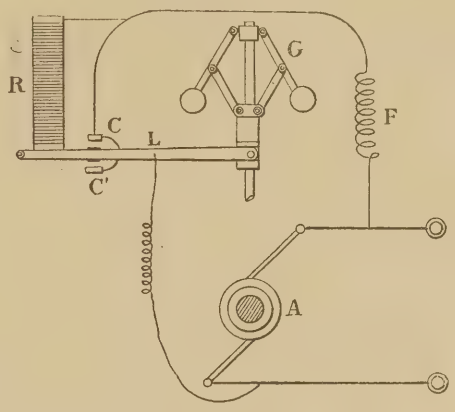


Fig. 30.

le voit, serties dans un disque en bois très léger *h*, formé de segments assemblés sur le centre en bronze *e*.

M. *Lahaussois* prétend arriver aussi à une aug-

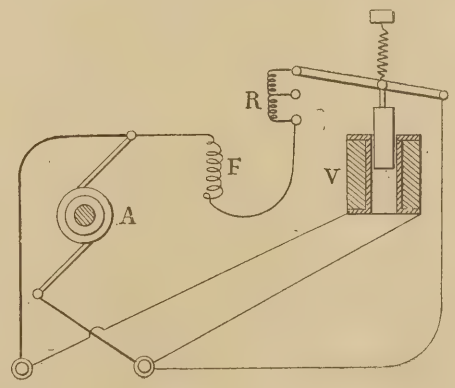


Fig. 31.

mentation considérable de l'activité des dynamos, en donnant aux noyaux a' a_2 des bobines de l'armature et des inducteurs, une forme se rapprochant autant que possible d'hyperboloïdes, comme l'indique la figure 25, parce que, dit-il « j'ai découvert « que l'aimantation d'un barreau de fer doux par « un courant électrique s'opère exactement de la

« même manière que la production des tour-« billons ou cyclones. » Il se peut que l'expérience donne raison à la manière de voir de M. Lahaussois, mais sa théorie manque tout au moins de justification.

COMMUTATEURS

Le commutateur de MM. *T.* et *D. Higman*, plus

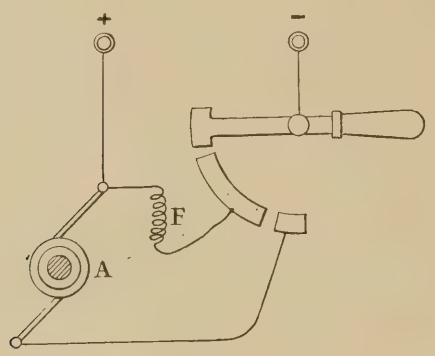


Fig. 32

original que pratique est particulier, en ce qu'il ne comprend ni balais ni frotteurs d'aucune espèce.

Les figures 26 à 29 en représentent l'application à un électromoteur à trois bobines, dont les pôles

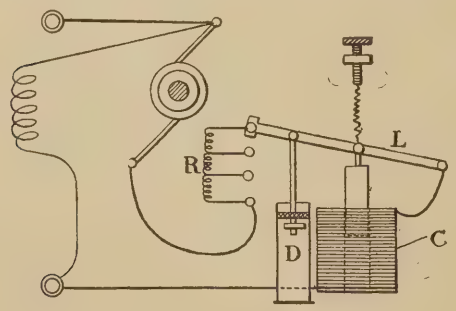


Fig. 33.

sont divisés chacun en deux parties par des isolants *h* (fig. 27), et ceux des inducteurs en quatre parties par les isolants *g f* (fig. 26 et 28).

Chacune des bobines de l'armature est pourvue d'un commutateur formé par un barreau aimanté a, a_1, a_2, (fig. 29), oscillant et équilibré au bout de son support *p*, isolé et calé sur l'arbre de l'armature, ces barreaux viennent toucher de leurs pôles N ou S; les supports latéraux 1 1', 2 2', 3 3' (fig. 27), suivant l'impulsion qu'ils reçoivent en passant devant les pôles de l'inducteur, comme l'indique la figure 29.

Dans les positions correspondant aux figures 26 et 29, le courant amené par la borne 1 et l'aimant *a* se partage, au support *p*, entre les bobines I et II, en deux branches qui sortent par les supports p_1 p_2, les aimants a_1 a_2, et les bornes 2' 3'. La bobine III est donc alors inactive, hors du circuit.

Afin de conserver le magnétisme des aimants commutateurs, on les entoure d'hélices m m_1 (fig. 27) reliées aux extrémités des fils des bobines adjacentes de l'armature.

Le courant pénètre dans les inducteurs par la borne *q* (fig. 26 et 28), pour sortir par la borne *q'* suivant la bobine E', le croisillon D, la moitié

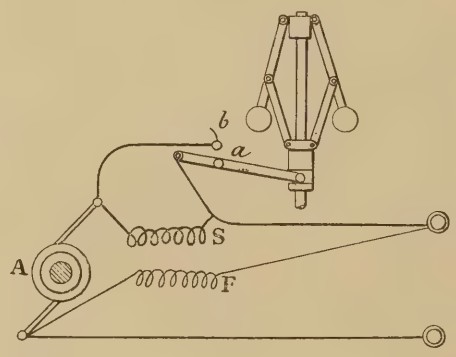


Fig. 34.

correspondante de l'arbre A' (fig. 27), l'armature, l'autre bout de l'arbre A, le croisillon D' et la deuxième bobine E de l'inducteur excité, comme on le voit, en série par l'armature. La partie neutre du circuit magnétique des inducteurs est constituée par les croisillons D, et l'arbre A constitue l'axe neutre du circuit magnétique de l'armature.

RÉGULARISATION

Le système de régularisation de MM. *Watson* et *Morday*, a principalement pour objet de maintenir uniforme la vitesse d'une série d'électromoteurs excités en dérivation et montés sur un circuit à force électromotrice sensiblement invariable.

Dès que le moteur se met en marche, le régulateur G (fig. 30) soulève le levier L, rompt le circuit dérivé F, L, A en C' *c'*, et y introduit la résistance

variable R, constituée par une pile de charbons d'autant plus comprimée et moins résistante que le moteur tend à dépasser d'avantage sa vitesse de régime ; à la limite, lorsque l'électro-moteur s'emporte au-delà des variations permises, le levier

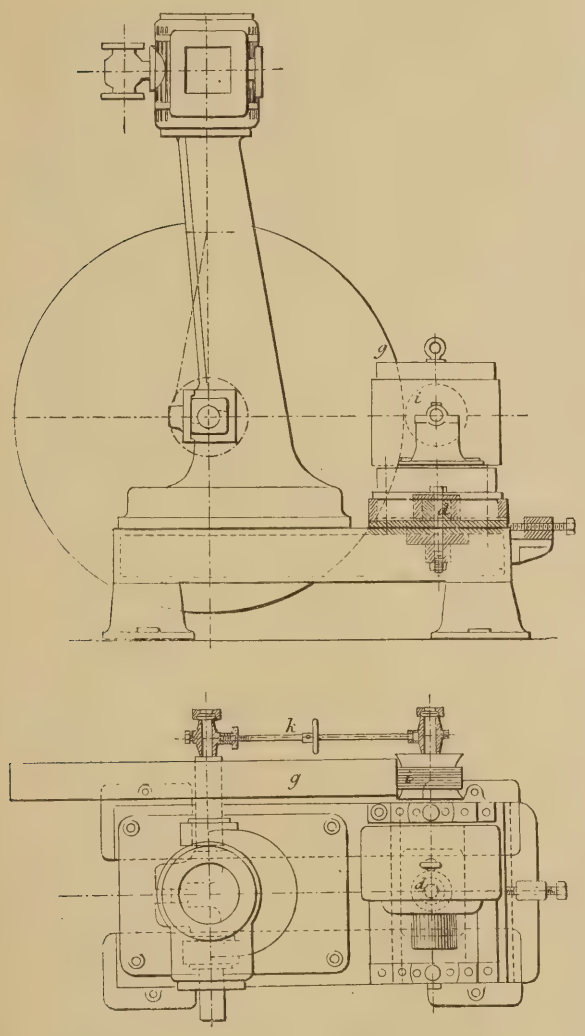


Fig. 35 & 36 — Landley

L, faisant contact en C, met la résistance R en court circuit.

L'écartement des contacts C' est tel que le levier L se maintient, en temps normal, à égale distance de chacun d'eux.

Lorsque la force électromotrice varie suivant de longues périodes, on règle l'introduction des résistances R, au moyen d'un solénoïde V, fig. 31, branché sur les bornes de l'électromoteur, et qui suit exactement les variations de la force électromotrice du circuit.

La disposition représentée par la figure 32, a pour objet de permettre, à la mise en train du moteur, de ne relier au circuit l'armature A qu'après l'électro en dérivation F, dont le coefficient d'auto-induction est toujours très élevé.

On peut aussi, comme l'indique la figure 33, intercaller dans le circuit de l'armature un solénoïde C, dont le levier L, à mouvements atténués par le dash-pot D, introduit ou retranche graduellement les résistances R, ou même les supprime, suivant que le potentiel du circuit augmente ou diminue, par le rappel atténué de son ressort, quand le courant est interrompu.

Lorsqu'on veut accélérer le démarrage, on introduit momentanément, dans le circuit de l'armature A (fig. 34), un faible enroulement excitateur S monté en série, que le régulateur supprime, une fois le moteur en train, en fermant les contacts *a b*.

TRANSMISSIONS

La transmission de M. *Landley*, par galet de friction *i* (figure 35 et 36), serré sur le volant *g* au moyen d'une tringle à vis *k*, est analogue à celles de Raworth [1] et de Holt [2] dont elle ne diffère que par des détails de construction, notamment par une assise plus ferme de la dynamo, maintenue sur son bâti par une traverse à rotule *d*, décrite de son centre de gravité.

GUSTAVE RICHARD

LE

RÉGULATEUR PIEPER

La lampe à arc inventée par M. Pieper, dans ces dernières années, s'est répandue très rapidement, en Allemagne, en Belgique et en France : c'est la seule lampe à arc employée par la société Edison de Paris, pour les intensités lumineuses inférieures à 100 carcels. Elle doit ce succès

(1) *La Lumière Electrique*, 5 avril 1884, p. 21.
(2) *La Lumière Electrique*, 7 août 1886, p. 355.

à sa simplicité, et à la régularité de son fonctionnement ; en outre, elle se prête très bien à l'éclairage mixte, en en insérant une ou deux entre les conducteurs principaux d'une installation d'éclairage à l'incandescence, et cela d'autant mieux qu'on peut réduire son pouvoir éclairant à n'être que de 35 à 40 carcels ou environ 350 bougies.

Relativement à son économie elle donnerait, avec une différence de potentiel de 43 volts et un courant de 5 ampères, une intensité lumineuse de 35 à 40 carcels ; avec 8 ampères et la même force électromotrice, elle donne de 80 à 100 carcels, ce qui correspond à 130 à 190 carcels par cheval électrique (1) ; comme on le voit, la dépense d'énergie électrique est relativement très faible, et la lampe Pieper doit être classée parmi les meilleures, à ce point de vue.

Nous devons à l'obligeance de M. J. P. Anney' la communication de renseignements sur la disposition et le réglage de cette lampe, telle qu'elle est construite par la société Edison, ce qui nous permet d'en donner une description un peu complète.

Description du mécanisme régulateur.— D'après ce que nous avons dit, on voit déjà que la régulation doit se faire par un circuit en dérivation aux bornes de l'arc ; l'électro-aimant régulateur agit, comme nous le verrons tout à l'heure, au moyen d'un frein à sabot, de manière à faire glisser le charbon supérieur ou positif, au fur et à mesure de l'usure. Le charbon inférieur est fixe, une fois l'arc établi ; par suite l'arc se déplace d'une quantité égale à l'usure du charbon inférieur, pendant la durée du fonctionnement, qui est de 8 à 9 heures pour une lampe de grand modèle (43 volts, 8 ampères) et de 4 à 5 heures pour les lampes plus petites (43 volts, 5 ampères).

A côté du réglage continuel et progressif, il faut encore que l'arc s'établisse automatiquement au moment de l'établissement du courant.

(1) En réduisant en bougies (candles) à 9,5 par carcel, cela ferait 1230-1810 bougies par cheval électrique, ou comme on a l'habitude de l'indiquer, 0,6 à 0,4 watt par bougie seulement; mais il faut ajouter que si on l'emploie dans les circuits à incandescence il faut ajouter une résistance additionnelle de 2 ohms par lampe ; dans ce cas on obtiendrait seulement 103 à 137 carcels par cheval, ee qui correspond à 0,74 ou 0,55 watts par bougie.

Ce dernier effet s'obtient par l'action de l'élec-

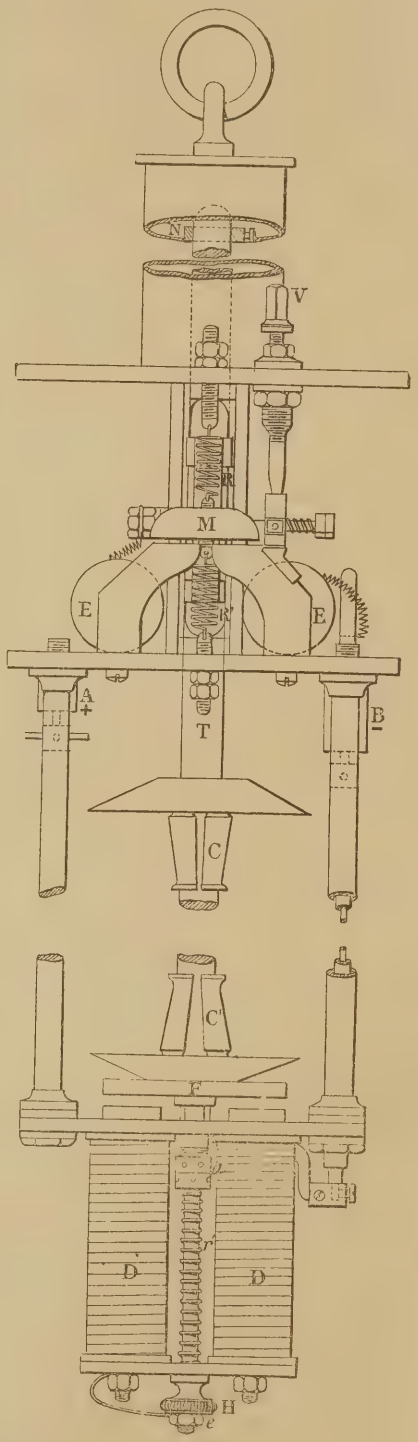


Fig. 1

tro-aimant D fixé à la partie inférieure du régulateur (fig. 1).

Le courant principal arrive par la borne positive A reliée à la masse du chassis, passe du charbon supérieur au charbon inférieur, traverse la bobine de l'électro D en gros fil, pour aboutir à la borne négative B, en passant par un conducteur isolé qui traverse l'une des tiges du chassis.

Les charbons étant originairement maintenus au contact par l'action du ressort antagoniste *r'*, (figure 1). dès qu'on introduit la lampe dans le circuit au moyen de son commutateur, l'électro-aimant D attire son armature F solidaire de la

VUE DE DROITE

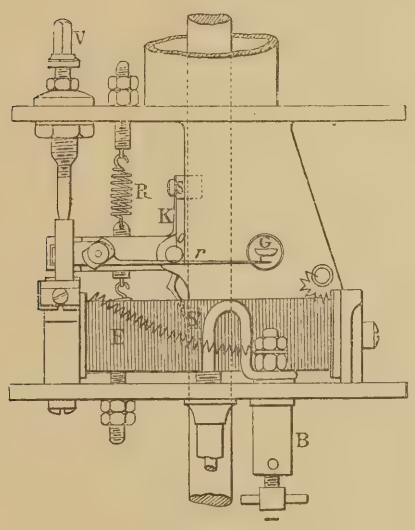


Fig. 2

pince ou porte-charbon inférieur C', qui descend brusquement en établissant l'arc entre les charbons.

L'électro-aimant de régulation E, E (fig. 2 et 3) dont les bobines sont munies de fil fin, est relié avec les deux bornes de la lampe ; son circuit peut être rompu au contact G par la languette *r*.

Quand l'arc s'allonge par suite de l'usure des charbons, sa résistance augmente, et, dans un circuit à courant constant, la différence de potentiel aux bornes tend à augmenter, ce qui renforce le courant traversant les bobines E E et par suite l'attraction des noyaux sur l'armature M. Celle-ci est montée sur pivot, et maintenue par les deux ressorts R et R' (fig. 1, 2 et 3) ; elle porte en outre un bras perpendiculaire K, muni de deux sabots S et S' qui pressent contre le charbon mobile T.

Le mouvement de l'armature M force le sabot supérieur S à quitter le charbon, tandis que le sabot inférieur presse contre la surface, et par la flexion de son ressort, oblige le charbon à descendre un peu, ce qui tend à diminuer la longueur de l'arc et à la ramener à la longueur correspondant au potentiel et par suite au courant normal.

Mais il est évident que le mécanisme ainsi décrit serait incomplet : il faut que l'action des sabots puisse se répéter indéfiniment ; pour cela,

VUE DE GAUCHE

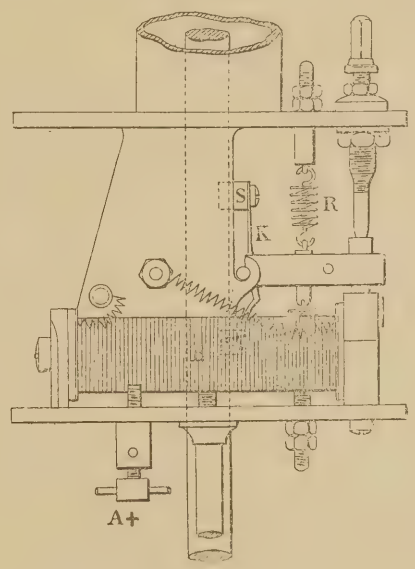


Fig. 3

le mouvement de l'armature M amène la rupture du circuit dérivé, en écartant la languette *r* du contact G, par suite de la rencontre des deux petites butées fixées sur le prolongement de *r* et la partie gauche du noyau de l'électro E (fig. 1).

Il résulte de cette disposition que l'armature M est animée, chaque fois que la régulation se fait d'un mouvement de trembleur. En outre, ce dispositif empêche que cette armature vienne jamais se coller contre le corps de l'électro.

Quand l'usure du charbon est complète, le mouvement de la tige T est arrêté par une bague N fixée à la partie supérieure.

Dans le cas ou l'on emploie cette lampe dans l'éclairage mixte, on doit intercaler une résistance de 2 ohms environ, pour les circuits de 55 à 60

volts, et une résistance double dans le cas ou on emploie deux lampes en série, dans les circuits de 110 volts.

Réglage de la lampe. — La lampe Pieper, comme du reste toutes les lampes munies d'un mécanisme de régulation basé sur le même principe général, exige un réglage préalable, suivant les conditions dans lesquelles elle doit fonctionner.

En ce qui concerne *l'allumage*, pour qu'il se fasse convenablement, il y a lieu de régler :

1° La distance de la palette F aux noyaux de l'électro D D ; Pour ce réglage établi une fois pour toutes, on se sert du bouton ou écrou H ; cette distance est d'environ 2 mm. pour le petit modèle et de 3 mm. pour le grand.

2° L'action du ressort antagoniste *r* ; ce ressort ne doit pas être maintenu trop lâche, pour éviter des chocs au moment de l'allumage ; on le règle au moyen de l'écrou *a*.

Relativement à la régulation proprement dite, il faut amener l'armature M à une certaine distance des pôles de l'électro E E, soit environ à 1 mm. ; dans cette position la vis V appuie contre la pièce inférieure, et en abaissant à la main l'armature M, le ressort *r* doit quitter le contact Q à la moitié de sa course.

La pression contre cette vis V résultant de l'action des deux ressorts R et R′ et de l'action normale de l'électro E est alors quelconque ; le rapprochement des charbons est assuré, mais pour une valeur arbitraire du courant ou de la longueur d'arc.

Pour régler cette dernière, on fait varier plus ou moins la tension des ressorts R et R′ ; en augmentant la tension de R′ et en relâchant R, on tend à diminuer la longueur d'arc. La meilleure manière de régler consiste à suivre les indications d'un ampèremètre ; la régulation doit se faire d'une manière continue et non pas par saccades, indiquant un réglage toutes les deux ou trois minutes.

Causes d'arrêt. — Si une lampe vient à s'éteindre, c'est généralement pour les causes suivantes :

1° L'arc est réglé trop long ; dans ce cas, il suffit de modifier le serrage relatif des ressorts R et R′, en tendant celui du bas et desserrant celui du haut ; si, au contraire, les charbons tendent à rester collés l'un contre l'autre, il faudra régler en sens inverse.

2° L'armature M peut venir au contact des pôles, sans que le contact soit rompu en G ; il suffit de corriger ce défaut au moyen du ressort à boudin qui appuie la languette *r* contre le contact G.

3° Enfin, si la surface du charbon présente des aspérités, la descente ne pourra plus se faire d'une manière régulière ; à ce point de vue, il est nécessaire de maintenir le charbon aussi propre que possible, et de ne pas le nettoyer avec un chiffon gras, sans cela le sabot inférieur pourrait patiner, sans faire descendre le charbon.

E. Meylan

LES

JAUGES ÉLECTRIQUES

La nécessité des estimations rapides, des calculs prompts, a donné lieu aux inventions déjà anciennes des règles à calcul, et des machines à calculer en général. Ces instruments rendent les plus grands services aux techniciens, aux chefs d'atelier et enfin à toutes les personnes s'occupant d'études et de projets industriels.

Dans le même ordre d'idées, plusieurs constructeurs ont imaginé des appareils simples destinés à obtenir immédiatement, en fonction de certaines relations, les dimensions des conducteurs en usage dans les diverses applications électriques.

Une jauge électrique a donc pour objet de mesurer le diamètre des fils conducteurs et d'obtenir par une simple lecture, les données requises dans la pratique. L'arrangement de ces sortes d'instruments doit être tel que les personnes les moins familiarisées avec la science, puissent trouver par leur aide, tout ce qui est de quelque importance dans une installation de canalisation pour lumière électrique, par exemple.

C'est dans ce but qu'a été conçue la jauge universelle de M. Epstein.

Elle consiste en une tablette en bois plate, de

17 centimètres de longueur, 7 centimètres de largeur et 9 millimètres d'épaisseur.

La partie inférieure de la tablette constitue un curseur mobile sur deux réglettes de laiton ; le fil à mesurer est introduit entre les lèvres de la jauge ouverte, et la lecture du diamètre se fait sur une petite échelle se trouvant à la gauche du tiroir curseur. Par cette première opération, l'index de la grande échelle a été dérangé ; on la place alors sur le nombre correspondant au diamètre trouvé et on est ainsi en situation d'accuser :

a) La situation correspondant au diamètre trouvé ;

b) La perte de tension en volts pour 1000 m. ampère ;

c) La longueur en mètres, possédant une résistance de 0,1 ohm ;

d) Le poids du fil ;

e) L'intensité en ampères en raison de la perte de tension donnée ou adoptée.

Les calculs sont fondés sur l'adoption d'une résistance spécifique de 0,0175 pour le cuivre, de 0,16 pour le fer et d'un poids spécifiques de 8,86 pour le fil de cuivre, de 8 pour le fer.

Lorsque plusieurs fils semblables sont arrangés en faisceau, on multiplie le diamètre d'un fil par le nombre des composants. Comme la jauge universelle est destinée aux usages pratiques, les sections ont été calculées d'après les dimensions fournies par les plus importantes fabriques de câbles.

Les exemples suivants permettront de se rendre compte de l'utilité et de la facilité de manipulation d'un tel instrument.

INSTALLATION DE LAMPES A INCANDESCENCE

Soit à établir une conduite principale avec deux branchements pour des lampes de 100 volts et 0,53 ampère.

Le conducteur principal comporte 50 lampes, sa longueur simple est de 50 mètres, la perte de tension admise de 1,5 volt.

Les deux dérivations qui s'en détachent ont respectivement 30 lampes, une longueur simple de 150 mètres, une perte de tension de 1 volt et 20 lampes, 100 mètres de longueur simple et une perte de tension de 1 volt.

Le conducteur principal transporte le courant pour toutes les lampes, par conséquent un courant de $100 \times 0,53 = 53$ ampères.

53 (ampères) $\times$ 100 (mètres de conducteur aller et retour) = 5300 mètres-ampères correspondant au nombre 53.

A la rubrique *h* de la jauge (1,5 volt de perte de tension), on trouve comme nombre le plus voisin 60, sur lequel on place l'index ; la rubrique *a* donne 9,4 millimètres pour diamètre et la rubrique *b* 70 millimètres carrés pour section.

Si l'on veut déterminer au juste la perte de tension, il faut multiplier 5,3 par 0,25 (voir rubrique *c*) ce qui donne 1,325 volt.

Première dérivation

$30 \times 0,53 = 15,9$

15,9 (amp.) $\times$ 300 (mètres) = le nombre 47,7.

A la rubrique *g* (1 volt de perte de tension) le nombre le plus voisin est 45,7.

La rubrique *a* donne pour diamètre 10,1 millimètres ; *b* 80 millimètres carrés pour section et *c* la perte de tension plus exacte $4,77 \times 0,219 = 1,04$ volt.

Seconde dérivation

10,6 (amp.) $\times$ 200 (mètres) = 21,2. A la rubrique *g* le nombre le plus voisin de celui-ci est 20.

D'où on lit en *a* 6,7 millimètres de diamètre, en *b* 35 millimètres carrés de section et en *c* plus exactement la perte de tension $2 \times 0,5 = 1,0$ volt.

La perte totale de tension est :

Dans le conducteur principal	1,325 volts
— premier branchemet	1,04 —
— second —	1,0 —
	3,365 volts

LAMPES A ARC EN CIRCUITS PARALLÈLES

Soit à installer un conducteur principal avec trois dérivations. La tension aux bornes de la

machine est de 110 volts ; les lampes sont intercalées par deux en tension.

	Longueur simple en mètres	Lampes	Ampères	Volts
Conducteur principal	150	2	12	48
—	»	2	9	46
Dérivation I	60	2	9	46
— II	40	2	6	44
— III	50	2	4,5	42

La perte de tension consentie pour le conducteur principal est de 1,5 volt.

CONDUCTEUR PRINCIPAL

L'intensité totale dans le conducteur principal et la dérivation est de 34,5 ampères. La longueur réelle du premier est de 300 mètres.

34,5 (amp.) × 300 (mèt.) = 103 50 mètres-ampères, répondant au nombre 103,5.

Comme chiffre se rapprochant le plus de celui-ci, *h* donne 103 ; la rubrique *a* donne pour diamètre 12,4 millimètres ; *b* 120 millimètres carrés de section et *c* la perte exacte de tension 10,35 × 0,146 = 1,51 volt.

La première dérivation se greffe sur le conducteur principal à une courte distance de la machine.

Le maximum de courant de 3 ampères par millimètre carré de cuivre, correspond accidentellement au courant qui traverse ce conducteur.

Différence de tension aux bornes de la machine.....	110 volts
Tension exigée par les deux lampes	84 —
Différence à annuler.....	26 volts

D'après la colonne *c* (section 1) 1000 mètres-ampères, ont une perte de tension de 17,5 volts, par conséquent 3 × (2 × 60) ou 360 mètre-ampère en auront une de 6,3 volt.

26 — 6,3 = 19,7 volts représente l'excédant qu'il faut annuler par une résistance additionnelle.

Pour un courant de 3 ampères, la résistance supplémentaire sera de 6,57 ohms.

Dans ce cas, on donnera la préférence au conducteur en fer. Le maximum de courant par millimètre carré de fer étant 1,5 ampère, par conséquent, 2 millimètres carrés de section minima, la colonne *b* (fer) donne 2,5 comme section la plus rapprochée.

D'après la colonne *c*, 1000 mètres-ampères ont 64 volts de perte de tension, d'où 360 mètres-ampères auront 23,04 volts de perte de tension ; de sorte qu'il reste seulement 26 — 23,04 = 2,94 volts à compenser par l'addition d'une résistance qui, pour un courant de 3 ampères, sera de 0,98 ohm.

La dérivation II prend naissance au bout du conducteur principal. Section minimum, 4 millimètres carrés.

D'après la rubrique *c*, 1000 mètres-ampères ont 40 volts de perte de tension, 480 mètres-ampères ont 19,2 volts de perte de tension.

La tension au bout du conducteur principal est 110 — 1,51 = 108,49 volts.

La tension requise par les lampes est 88 volts.

La perte de tension du conducteur étant, comme ci-dessus de 19,2, il reste donc 108 — (88 + 19,2) = 1,29 volt de tension qui devra être compensée par une résistance additionnelle de 0,11 ohm.

La dérivation III se fait de même au bout du conducteur principal. Section minimum, 3 millimètres carrés : le nombre le plus rapproché dans la colonne *b* (fer) est 4 millimètres carrés.

D'après la colonne *c*, 1000 mètres-ampères ont 40 volts de perte de tension, conséquemment 450 mètres-ampères auront 18 volts.

La tension au bout du conducteur principal étant toujours 108,49 volts, la tension des deux lampes 84 volts, la perte de tension du conducteur 18, il restera un excédent de tension de 108,49 — (84 + 18) = 6,49 volts à annuler par une résistance supplémentaire de 1,45 ohm.

Même exemple d'après la résistance calculée.

Résistance exigée par toute la dérivation :

$$\frac{108{,}49 \text{ (volts au bout du conducteur principal)}}{4{,}5 \text{ (nomb. d'amp. passant dans les lampes)}} = 24{,}11 \text{ ohm.}$$

Résistance des deux lampes en tension :

$$\frac{2 \times 42 \text{ (volts)}}{4{,}5 \text{ (amp.)}} = 18{,}66 \text{ ohms}$$

D'après la colonne *d* (fer) 2,5 m. de fil n° 4 ont une résistance de 0,1 ohm, d'où 100 mètres auront 4 ohms de résistance. La résistance totale sera donc de 22,66 ohms, de sorte qu'il y a à

intercaler une résistance de compensation de 1,45 ohm.

Supposons encore comme exemple qu'on adopte une perte de tension non contenue dans la table.

Ainsi, soit à établir un conducteur pour 100 lampes à incandescence de 100 volts et de 0,53 ampère.

Longueur réelle du conducteur.	1200 mètres.
Perte de tension permise.....	10 volts.

53 (amp. $\times$ 1200 (m) = le nombre 636.

On n'a maintenant qu'à instituer une rubrique quelconque dans laquelle la perte de tension forme une division commode de 10, par exemple la rubrique g (1 volt).

Le nombre 636, divisé par 10 donne 63,6 ; le nombre qui en est le plus voisin dans la série g est 68,5 sur lequel on place l'index.

Nous aurons alors : d'après la colonne a, un diamètre de 12, 4 m.m ; d'après la colonne b, une section de 120 m.m.^{2} ; d'après la colonne c, une perte de tension exacte de 63,6 $\times$ 0,146 = 9,28 volts.

On voit, par ces divers exemples, les avantages qu'offre l'emploi de ces instruments dans la pratique.

(*A suivre*) E. Dieudonné

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Méthode de mesure de la force électromotrice de l'arc électrique, par L. Arons (1).

Quoique la question de la résistance apparente de l'arc puisse actuellement être considérée comme résolue, entr'autre par les travaux d'Edlund et de v. Lang, et qu'en particulier, la méthode de ce dernier mette en évidence l'existence d'une force contre-électromotrice, cependant l'obligation d'avoir deux lampes à la fois en activité présente des difficultés au point de vue expérimental.

(1) *Annales de Wiedemann* 1887, vol. XXX, p. 95.

Nous avons indiqué dernièrement une autre méthode, due à M. Frœlich, basée sur une généralisation de la loi du pont de Wheatstone, et qui permet, par la détermination directe de la résistance vraie de l'arc, d'en déduire la force électromotrice.

M. Arons a essayé d'appliquer à cette question, une méthode peu connue, donnée par E. Cohn (1) pour la détermination de la force électromotrice de polarisation d'un voltamètre.

Cette méthode donne à la fois, par une mesure directe, la résistance et la force électromotrice du voltamètre. Elle consiste essentiellement à intercaler dans une des branches du pont, un voltamètre et l'élément polarisateur ; les résistances étant équilibrées de manière à maintenir au zéro la bobine mobile d'un électro-dynamomètre, placée en série

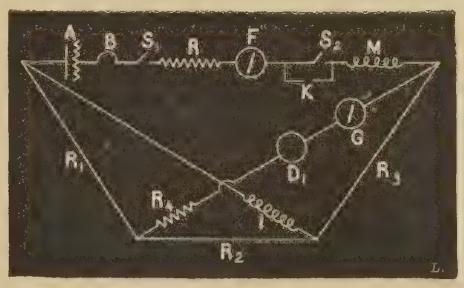


Fig. 1.

avec un galvanomètre ordinaire dans l'une des diagonales. L'autre diagonale renferme la seconde bobine de l'électro-dynamomètre et le circuit secondaire d'un appareil d'induction quelconque.

On note à ce moment la déviation permanente du galvanomètre, puis on substitue au voltamètre une résistance métallique (à faible self-induction) telle que l'électro-dynamomètre revienne au zéro, et on note également la déviation du galvanomètre.

On mesure ainsi par simple substitution la résistance réelle du voltamètre, et d'un autre côté, les déviations permanentes du galvanomètre sont entre elles comme les forces électromotrices contenues dans la branche du pont, soit comme E — e est à E ; on a donc la force électromotrice de polarisation e en fonction de la force électromotrice E de l'élément polarisateur.

La figure 1 représente la modification de cette

(1) *Annales de Wiedemann* 1887, vol. XIII, p. 665.

méthode employée par M. Arons dans le cas de l'arc.

A est une batterie d'accumulateurs, R une résistance variable en fil de maillechort, F un galvanomètre de Kohlrauch, destiné à indiquer le courant traversant la lampe K M (lampe Scharnweber). La clef S_2 permet de mettre les charbons en court circuit. R est également une résistance ajustable, tandis que R_2 et R_3 en fil de nikeline (2 ohms chacun) forment les branches fixes du pont.

L'une des diagonales renferme le galvanomètre G et la bobine fixe D de l'électro-dynamomètre de Weber.

La bobine mobile de ce dernier appareil n'est pas simplement reliée à la bobine secondaire de l'inducteur de Dubois Reymond, comme dans la méthode de Cohn, mais l'auteur intercale encore une bobine d'induction.

Les expériences de l'auteur ne comportent pas une très grande exactitude, à cause d'une installation défectueuse; et du manque de temps, aussi ne faut-il pas compter sur une approximation supérieure à 5 o/o.

Une première expérience a donné, avec un courant de 3,4 ampères dans la lampe, une résistance de 2,1 ohm et une force électromotrice de 40,6 volts pour l'arc.

Avec 4,1 ampères, la résistance et la force électromotrice diminuent: on obtient 1,6 ohm et 39,6 volts.

Ces résultats concordent bien avec les mesures de v. Lang. L'auteur a l'intention d'appliquer sa méthode à des recherches systématiques sur la variation de la force électromotrice de l'arc avec l'intensité du courant et la nature des électrodes.

E. M.

Les piles au bichromate de soude ou de potasse par S. L. Harding.

Jusqu'ici, il semble que chez nous, les électriciens qui font usage de piles au bichromate, emploient plus volontiers le sel à base de potasse que celui à base de soude. En Amérique, où l'on emploie beaucoup ce genre de pile pour la lumière électrique, sous différentes formes et différents noms surtout, avec un ou deux liquides, on paraît donner la préférence actuellement au sel de soude comme dépolarisant.

M. S. L. Harding a publié à ce sujet le résultat de quelques observations, dans le *American Journal of Science* (1). Les éléments qu'il a étudiés, étaient montés suivant le type dit de Bunsen, soit l'acide sulfurique dilué à l'extérieur, et le charbon à l'intérieur du vase poreux.

D'après l'équation type qui exprime les réactions dues au dépolarisant :

$$(1)\quad Na^2\,Cr^2\,O^7 + 4\,H^2\,SO^4 + 6\,H = Na^2\,Cr^2\,(SO^4)^4 + 7\,H^2\,O$$

il résulte qu'on doit prendre respectivement :

27 parties de $Na^2\,Cr^2\,O^7$
40 — $H^2\,SO^4$

avec la soude, et avec la potasse :

3 parties de $K^2\,Cr^2\,O^7$
4 — $H^2\,SO^4$

La dilution était de 7 parties d'eau pour une partie de bichromate de soude, et 8 parties d'eau avec la potasse. Le liquide excitateur étant de l'acide dilué au douzième.

Le résultat de ces recherches, prouve du reste que la proportion d'eau était trop forte dans le premier cas, et qu'il y aurait intérêt à la diminuer.

La première question à élucider, est celle de la constance du courant, avec une résistance donnée.

L'auteur a fait une série de mesures, enregistrées au moyen d'un appareil photographique, tantôt avec des piles à deux liquides, tantôt avec un seul liquide.

	Dépolarisant	Résistance	Durée de la décharge
Série 1	Bichromate de soude.	8 ohms	55,5 heures
— 2	— —	—	56,3
— 3	Bichromate de potasse.	—	78
— 4	— —	—	74,7

Dans le premier cas, l'épuisement du dépola-

(1) *A. J of S*, vol. XXXIII, n° 193, janv. 1887, p. 61.

risant, a lieu plus rapidement avec la potasse qu'avec la soude, comme le montre le tableau précédent.

Pendant les 24 ou 30 premières heures, les deux piles se comportent d'une manière semblable.

Une baisse prononcée a lieu au bout de 30 heures, et elle est plus rapide pour la potasse.

Avec les piles à un seul liquide, les résultats sont beaucoup moins réguliers, mais la soude se comporte également le mieux; la différence est cependant plus faible.

D'où provient cette supériorité? Les réactions étant absolument les mêmes, soit la production d'acide chromique dans les deux cas; il s'agit de savoir lequel des deux sels fournira la plus grande quantité d'oxygène utile, ou bien lequel pour un poids donné de solution fournira le plus d'acide chromique.

Or, les solubilités des deux sels sont très différentes; à 15°, 100 parties d'eau dissolvent 12,5 parties de bichromate de potasse et 83,16 de bichromate anhydre de sodium. Ce fait expliquerait bien la plus grande constance des piles au bichromate de soude, dans le cas ou l'on employerait des solutions concentrées.

La table suivante montre les rapports de différents dépolarisants; la première colonne indique le tant pour cent d'oxygène utile, par rapport au poids moléculaire.

Oxydant	Rapport du poids d'oxygène utile au poids moléculaire	Solubilité : 100 parties de H^2O à 15° dissolvent :	Rapport de l'oxyg. utilisable au poids total d'une dissolution satur.
Bichrom. de potasse.....	0 163	12 5	0 018
Bichr. de soude.	0 160	83 2	0 085
Peroxyde de manganèse.....	0 092	Insoluble	—
Acide nitrique..	0 254	—	—
Permenganate de potasse.....	0 253	6 3	0 014

Comme on le voit, par les chiffres de la dernière colonne, l'avantage est bien marqué en faveur du sel de soude.

Forces électromotrices. — Les forces électromotrices des éléments ont été mesurées par l'auteur à l'électromètre, il a oblenu les moyennes suivantes :

Bichromate de soude. . .	1,893 volt.
— de potasse. .	1,852 —

En ce qui concerne les résistances intérieures, le sel de soude donne des résultats plus élevés d'environ 6 o/o; du reste, l'auteur n'indique pas à quel moment ces mesures ont été faites, il est probable cependant que c'est après le montage, et il ne dit rien sur les variations respectives de la force électromotrice et de la résistance; nous avons de bonnes raisons de croire que la résistance des piles au sel de soude doit être la moins variable.

D'après l'auteur, il y aurait lieu d'augmenter la quantité relative du dépolarisant, pour améliorer la constance, en adoptant la forme de la pile Fuller, où le zinc et le liquide excitateur sont à l'intérieur du vase poreux, et le dépolarisant à l'extérieur.

E. M.

Nouvelles recherches sur la résistance apparente de l'arc voltaïque.

Nous avons eu souvent à revenir sur cette question, qui, si elle paraît aujourd'hui résolue, au moins dans ce sens, que la démonstration de l'existence d'une force électromotrice peut être considérée comme complète, n'en offre pas moins un vaste champ à l'étude, aussi bien au point de vue de la théorie que de l'application.

Il y a lieu en effet d'étudier les variations de cette force électromotrice avec toutes les circonstances qui peuvent influer sur sa valeur : l'intensité du courant, la longueur de l'arc, la nature des électrodes et leurs dimensions, enfin la pression du milieu où l'arc se forme.

Nous avons déja indiqué dans ces revues les recherches d'Edlund, sur les variations remarquables de la force électromotrice à chaque électrode avec la pression.

MM. Cross et Shepard [1] deux expérimentateurs américains, ont fait sur le même sujet, un nombre considérable d'expériences, comprenant près de 1200 observations, faites pour la plupart avec des charbons de Boulton. Les expérimentateurs se sont servis dans leurs expériences d'une lampe très simple formée d'un charbon inférieur fixe, et d'un charbon supérieur mobile, dont la distance au premier peut être mesurée au moyen d'une vis micrométrique, en partant du contact, avant ou après l'expérience. Le courant était maintenu constant à 1 o/o près pendant la durée de chaque expérience, et on mesurait simultanément l'intensité et la différence de potentiel aux bornes de l'arc.

Les expériences se rapportent à des longueurs d'arc variant de 0,793 à 6,35 m. m., avec des courants compris entre 3 et 10 ampères.

Dans ces expériences, il convient de séparer nettement les résultats obtenus avec des arcs stables, fixes, ou bien avec des arcs donnant lieu au sifflement bien connu des électriciens.

Le tableau suivant résume une partie des expériences précitées, il donne les résistances apparentes, c'est-à-dire le rapport $\frac{e}{i}$ de la différence de potentiel aux bornes de l'arc, à l'intensité du courant; dans toutes ces expériences, le charbon supérieur constitue l'électrode positive.

Longueur de l'arc en millimètres	RÉSISTANCE APPARENTE EN OHMS — *Intensité du courant en ampères*									
	3 27		5 04		7 00		7 94		10 04	
	Sifflant	Stable	Sifflant	Stable	Sifflant	Stable	Sifflant	Stable	Sifflant	Stable
0 20	5 72	—	—	—	2 49	—	—	—	—	—
0 40	7 41	—	—	—	2 89	—	2 42	—	1 86	—
0 79	9 50	—	5 67	—	3 60	—	3 09	—	2 30	—
1 59	—	—	—	8 14	5 22	—	4 58	—	—	2 95
2 37	—	—	—	9 51	—	6 35	—	5 60	3 74	3 94
3 18	—	—	—	10 02	—	7 74	—	6 04	—	4 45
3 97	—	—	—	10 57	—	6 97	—	6 32	—	4 67
4 76	—	—	—	11 10	—	7 25	—	6 49	—	4 91
5 55	—	—	—	11 60	—	7 51	—	6 73	—	5 08
6 55	—	—	—	—	—	7 80	—	7 14	—	5 27
7 15	—	—	—	—	—	8 06	—	—	—	—
7 94	—	—	—	—	—		—	7 51	—	5 66
9 53	—	—	—	—	—	8 94	—	8 09	—	—
11 11	—	—	—	—	—	9 31	—	8 57	—	—
12 70	—	—	—	—	—	—	—	8 89	—	—

La figure 1 donne sous forme de courbes, les résultats de ce tableau.

On peut introduire ces valeurs dans la formule binome employée par Frœlich :

$$r = a + b\,l$$

dans laquelle un terme est constant, et l'autre proportionnel à la longueur d'arc, en prenant

[1] *Meeting de l'American Academy of Arts and Sciences* 1886, voir *Electrical Rev.* vol. XIX, p. 298 et 321, et *Elektrotechnische Zeitschrift*, janvier 1887, p. 12.

bien entendu des valeurs égales du courant. La force électromotrice s'obtient alors en multipliant le premier terme par l'intensité *i*.

Naturellement les coefficients obtenus ainsi sont différents pour chaque intensité.

Arc stable

Intensité	Résistance apparente	Force contre électromotrice : $a \times i$
5 04	$r = 7\ 97 + 0\ 41\ l$	40 16
7 00	$r = 5\ 73 + 0\ 21\ l$	40 11
7 92	$r = 5\ 00 + 0\ 20\ l$	39 60
10 04	$r - 3\ 73 + 0\ 16\ l$	37 45
	Moyenne.....	39 33

Arc sifflant

3 27	$r = 4\ 70 + 3\ 89\ l$	15 37
5 03	$r = 3\ 14 + 1\ 98\ l$	15 79
7 00	$r = 2\ 10 + 1\ 23\ l$	14 70
7 95	$r = 1\ 81 + 1\ 00\ l$	14 39
10 03	$r = 1\ 46 + 0\ 55\ l$	14 64
	Moyenne.....	14 98

On voit, au moyen de ces formules, que la force contre électromotrice diminue avec l'intensité du courant, dans les deux cas ; en outre le coefficient *b*, qui représente la résistance vraie de l'unité de longueur de l'arc décroit fortement lorsque l'intensité du courant augmente, ce que l'on doit évidemment rapporter à l'élévation correspondante de la température.

La longueur pour laquelle l'arc devient stable est aussi fonction du courant, elle varie de 1,9 à 2,3 millimètres lorsque le courant varie de 5 à 10 ampères ; du reste, cette longueur dépend absolument de la nature des charbons, et M. Ruhlmann, dans l'article cité de *l'Elektrotechnische Zeitschrift*, indique par exemple que, en employant comme charbon positif, des charbons creux, dont l'intérieur est rempli de charbon de cornue imprégné de verre soluble, l'arc devient stable pour un même courant, avec des longueurs bien inférieures.

Si l'on renverse la polarité des charbons, les courants d'air chaud qui proviennent de cette position relative, rendent l'arc vacillant, et tendent à l'éteindre ; la force électromotrice semble alors un peu plus faible, ce qui est confirmé, du reste, par une série d'expériences dans lesquelles la température des charbons est modifiée artificiellement, soit en empêchant les pertes de chaleur, soit en refroidissant les charbons par un courant d'eau froide. La force électromotrice croît avec la température, tandis que la résistance, au contraire, diminue légèrement.

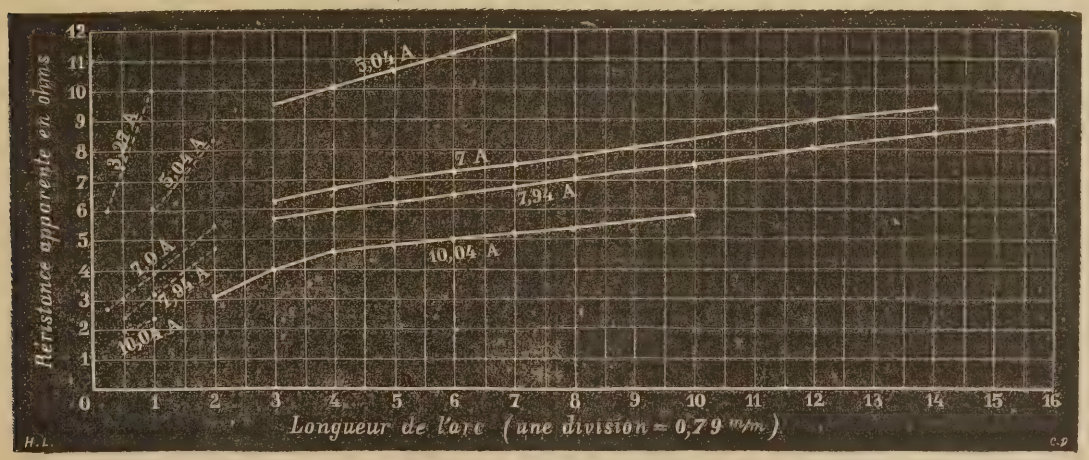


Fig. 1

L'introduction de matières salines, telles que le sulfate de potassium, le biborate de sodium, répandues sur le charbon négatif, diminue fortement la force électromotrice ainsi que la résistance, ce que l'on pourrait expliquer par le fait de l'énergie employée à la décomposition de ces sels.

Conformément aux recherches d'Edlund,

MM. Cross et Shepard, ont trouvé que la diminution de pression de l'air ambiant diminue fortement la résistance.

Une autre série de recherches sur le même objet a été publiée par M. B. Nebel dans la *Centralblatt fur Elektrotechnik* (vol. VIII, p. 619);

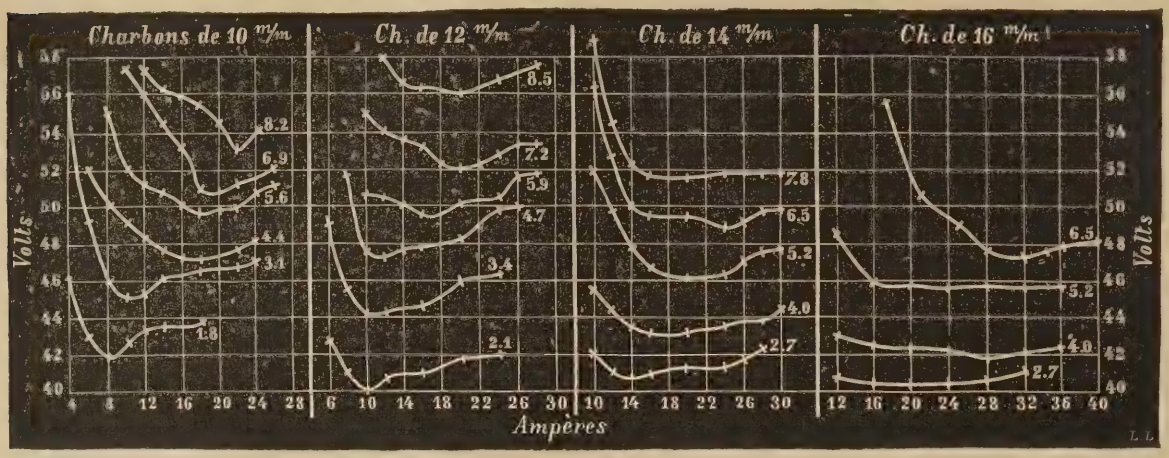


Fig. 2.

l'auteur ne considère que des arcs stables, et à la longueur de l'arc, il ajoute la profondeur du cratère du charbon supérieur; dans toutes ses observations, le charbon inférieur est formé d'une tige homogène, tandis que l'électrode positive est un charbon de la maison Siemens frères, à

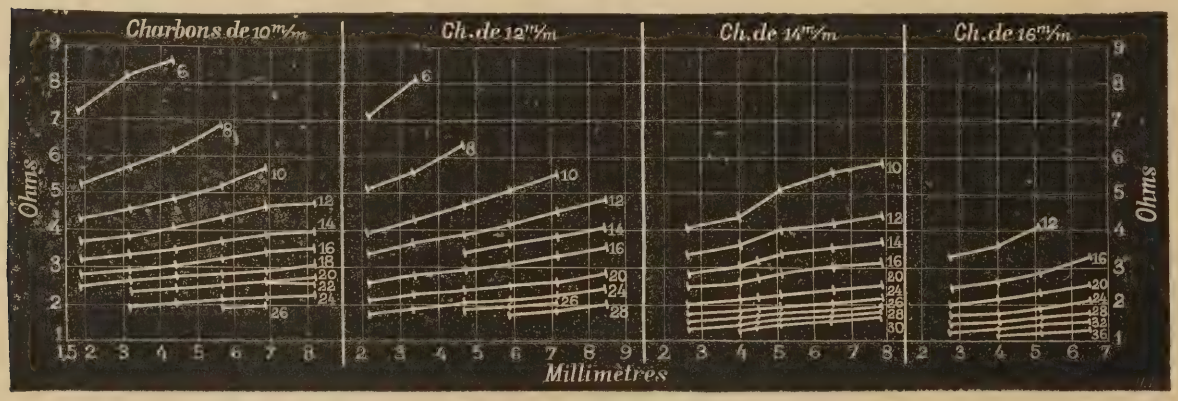


Fig. 3

Charlottenbourg, dont le milieu est formé de charbon imprégné de verre soluble.

La profondeur du cratère a varié dans ces expériences de 0,6 à 1,4 millimètres, avec des charbons de 10 à 16 millimètres. Dans toutes les expériences, les deux charbons étaient de même diamètre.

La figure 2 se rapporte à ces expériences, les ordonnées donnent la différence de potentiel et les abscisses le courant, les nombres qui accompagnent les courbes indiquent la longueur de l'arc; comme on le voit, ces courbes sont très irrégulières.

Si, au contraire, on calcule les relations entre la résistance et la longueur de l'arc, ou entre la différence de potentiel aux bornes et la longueur, on obtient la série suivante d'équations de Frœlich, indiquées dans le tableau ci-contre.

Pour faciliter la comparaison avec les résultats de MM. Cross et Shepard, il faudrait encore

diviser par l'intensité du courant ; ce sont ces résultats qui sont portés dans la figure 3, et comme on le voit, les courbes ont la même forme générale que celles de la figure 1. Le tableau précédent, ou l'étude de ces courbes montre clairement l'influence du diamètre. Avec des dimensions croissantes, la force contre électromotrice diminue.

Courant en ampères	Différence de potentiel aux bornes de l'arc		
	Charbons de 10 millimètres	Charbons de 12 millimètres	Charbons de 14 millimètres
10	—	—	30 7 + 3 6 l
12	39 3 + 2 2 l	35 2 + 2 6 l	32 4 + 2 8 l
14	39 4 + 2 0 l	—	33 8 + 2 3 l
16	39 2 + 2 0 l	35 1 + 1 4 l	34 1 + 2 8 l
18	39 2 + 1 8 l	—	—
20	—	38 0 + 1 9 l	34 4 + 2 1 l
24	—	38 6 + 2 1 l	34 9 + 1 9 l
28	—	—	35 4 + 2 0 l
30	—	—	35 9 + 1 9 l

Quelqu'étendues que soient ces diverses séries d'observations, il y aurait encore lieu, au point de vue purement pratique, de les compléter par des expériences dans lesquelles on ferait varier la matière formant l'électrode négative ; comme on le sait, on a déjà employé dans ce but, avec succès, l'iridium et l'osmium. Il y a, en outre, la question de l'emploi de charbons de différentes grosseurs, pour chaque électrode ; d'après M. Ruhlmann, on obtiendrait un pouvoir lumineux beaucoup plus intense en employant un charbon positif composite, de plus gros diamètre, avec un charbon homogène négatif.

Cette remarque nous conduit tout naturellement à regretter que ces diverses études sur la résistance apparente de l'arc, qui avec les données indiquées permettent de calculer dans chaque cas la dépense d'énergie nécessaire, n'aient pas été complétées par des mesures photométriques simultanées, qui permettraient seules de décider à quelles combinaisons on doit s'arrêter au point de vue économique.

E. M.

Nouvelles méthodes pour observer les oscillations électriques, par C. Colley (1).

M. Colley observe les oscillations électriques dues à l'extra-courant, dans un circuit contenant, outre la bobine dans laquelle cet extra-courant se développe, un condensateur, et un appareil propre à mettre les oscillations en évidence.

L'auteur a d'abord essayé l'emploi d'un téléphone spécial, de faible résistance, ou d'un téléphone à deux bobines : l'une inductrice, contenue dans le circuit A où les oscillations se produisent, l'autre induite et dans laquelle sont développés les courants qui font parler le téléphone. En modifiant la résistance du circuit A, le *timbre* du son entendu dans le téléphone change d'une manière très sensible, ce qui suffit à démontrer l'existence des oscillations, mais ne permet guère de déterminer leur période.

M. Colley décrit sous le nom d'*oscillomètres* deux appareils qui lui ont fourni de meilleurs résultats ; leur principe consiste à combiner le mouvement vertical d'un point lumineux produit par une cause indépendante avec un mouvement horizontal, synchrone des oscillations électriques et produit par elles.

1. *Oscillomètre à miroir.* — Le point lumineux est constitué par un trou percé près du bord d'un disque opaque éclairé et tournant d'un mouvement uniforme. Les rayons issus de ce trou se réfléchissent sur un miroir mobile et sont reçus dans une lunette munie d'un micromètre. Le miroir, extrêmement léger, est suspendu verticalement dans l'intérieur de la bobine où se produisent les extra-courants ; il est mobile autour d'un axe vertical, constitué par deux fils de cocon placés sur le prolongement l'un de l'autre, et tendus par de petits ressorts. Il porte sur sa face postérieure un très petit aimant qui doit, dans sa position d'équilibre, être aussi exactement que possible dans le plan des spires de la bobine. Cet aimant est soumis à l'action des oscillations électriques qui tendent à le déplacer alternativement à droite et à gauche. M. Colley admet que ses mouvements sont parfaitement synchrones des oscillations électriques.

(1) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXVI, p. 432-446.

Cela posé, la ligne décrite par le point lumineux visible dans la lunette sera une sorte de sinusoïde autour d'un arc de cercle qui, à cause de la petitesse du champ du miroir, se confond avec une droite ; on pourra mesurer au micromètre l'espacement des ondes de la sinusoïde et leurs amplitudes, d'où l'on déduira la période des oscillations électriques et leur décrément logarithmique.

Pour que ces mesures soient possibles, il faut que le phénomène lumineux observé soit persistant ; il faut donc que les extra-courants soient répétés périodiquement, par exemple à chaque tour du disque opaque, et que les oscillations correspondantes occupent dans le champ de vision une place invariable. On réalise cette condition en chargeant le disque tournant d'opérer lui-même les interruptions, par des procédés qu'il est facile d'imaginer.

2. *Oscillomètre à flamme de gaz.* — Le point lumineux est une flamme de Kœnig, observée dans un miroir tournant. Les oscillations électriques produisent la contraction et la dilatation de la capsule manométrique par leur action sur un très léger aimant annulaire fixé sur l'une des faces de la capsule et qui se trouve placé entre deux électro-aimants en fer à cheval parcourus en sens contraire par le courant. Cette élégante disposition ne paraît pas pouvoir se prêter à des mesures aussi exactes que la précédente ; elle est surtout propre à démontrer dans un cours l'existence des oscillations électriques.

Reproduction de l'unité mercurielle de Siemens, par K. Strecker (1).

L'auteur s'est proposé de calculer, d'après leur calibrage, la résistance de tubes de verre remplis de mercure et de construire, au moyen de ces tubes, une série de résistances normales en fil de maillechort, avec une erreur moindre que 0,0001.

La marche suivie par M. Strecker est assez analogue à celle qui a été suivie par MM. Mascart, de Nerville et Benoît : nous nous dispenserons d'entrer dans aucun détail à ce sujet et nous nous bornerons à signaler quelques-uns des résultats obtenus par M. Strecker, en les rapprochant de ceux qui ont été trouvés par d'autres expérimentateurs :

	Coefficient de variation de la résistance du mercure avec la température	
	10°	15°
1882. Siemens et Halske	0 000889	0 000908
1883. Lord Rayleigh et Mlle Sidgwick	0 000869	»
1884. Lenz et Restzoff	0 000884	0 000893
Mascart, de Nerville et Benoît	0 000895	0 000906
Strecker	0 000909	0 000914

	Valeurs de l'unité de l'Association britannique en colonne de mercure de 1 m.m.q. et en unités Siemens	
	Mercure	Siemens
1882. Lord Rayleigh et Mlle Sidgwick	1 04809	1 04860
1884. Roiti	1 04859	1 04862
Mascart, de Nerville et Benoît	1 04850	1 04847
Strecker	1 04894	1 04877

Évaluation de l'ohm, par M. F. Himstedt (1).

La méthode employée par M. Himstedt est fondée sur l'emploi de l'induction mutuelle de deux circuits.

Le circuit primaire comprend, outre la bobine inductrice A, deux résistances r et w_0 placées en dérivation l'une sur l'autre, une pile E et un interrupteur D_1. Le circuit secondaire contient, outre la bobine induite B, un interrupteur D_2, un galvanomètre et une résistance $r_1 = r$; la résistance totale de ce circuit est

$$w_1 = r_1 + w_2$$

et l'on a de plus

$$w_2 = w_0$$

Si l'on interrompt le circuit principal n fois par seconde et qu'on règle l'interrupteur D_2 de telle sorte que les courants d'ouverture ou de fermeture traversent seuls le galvanomètre, la déviation α_1 de celui-ci sera donnée par

$$(1) \qquad G \tang \alpha_1 = \frac{n i V}{w_1}$$

(1) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXV, p. 252-273 et 456-487.

(1) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXVI, pages 5475-75.

G est le facteur de réduction du galvanomètre, V le potentiel des bobines l'une sur l'autre.

Si, d'autre part, on ferme le circuit principal d'une manière durable et qu'on y remplace la résistance w_0 par le circuit secondaire d'où l'on aura supprimé la résistance r_1, le courant prendra dans la bobine inductrice la même intensité i que précédemment, et l'on calculera la déviation α_2 du galvanomètre par la formule

$$(2) \qquad G \operatorname{tang} \alpha_2 = \frac{r\,i}{r + w_2} = \frac{r\,i}{w_1}$$

De (1) et (2) on tire

$$r = n\,V \frac{\operatorname{tang} \alpha_2}{\operatorname{tang} \alpha_1}$$

Le problème de la mesure absolue d'une résistance se trouve ramené à la mesure du nombre d'interruptions, à celle de deux déviations et au calcul du potentiel V.

Si la bobine A est un solénoïde, tel que son rayon et les dimensions de la bobine induite soient négligeables par rapport à sa longueur, que de plus elle ne soit revêtue que d'une seule couche de fil, on a

$$V = 4\,\pi^2\,R^2\,k b\,(1 + 2\,a)$$

R désigne le rayon du solénoïde, k le nombre de tours de fil par unité de longueur, b le nombre total de tours sur la bobine B, enfin $2\,a$ un terme correctif qui s'est toujours trouvé inférieur à 0,03, et qu'il n'est par conséquent utile de connaître qu'avec une approximation médiocre. On calcule ce terme par les formules

$$2\,a = 2\left[S_1 + \frac{1}{24}(c^2\,S_2 + d^2\,S_3)\right]$$

$$S_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{l}{\sigma} - 1\right) + \frac{3}{16}\,R^2\,\frac{l\rho^2}{\sigma^5} + \frac{5}{128}\,R^4\,l\rho^2\,\frac{3\,\rho^2 - 4\,l^2}{\sigma^9}$$

$$S_2 = \frac{3}{2}\,\frac{l\rho^2}{\sigma^5}\left(-1 + \frac{5}{8}\,R^4\,\frac{4\,l^2 - 3\rho^2}{\sigma^4} - \frac{35}{64}\,R^4\,\frac{5\,\rho^4 - 20\,l^2\rho^2 + 8\,l^4}{\sigma^8}\right)$$

$$S_3 = \frac{1}{2}\,\frac{l}{\sigma^5}\left(2\,\rho^2 - l^2 + \frac{3}{8}\,R^2\,\frac{2\,l^4 - 21\,l^2\rho^2 + 12\,\rho^4}{\sigma^4}\right.$$
$$\left. + \frac{5}{64}\,R^4\,\frac{90\,\rho^6 - 305\,\rho^4\,l^2 + 200\,\rho^2\,l^4 - 8\,l^6}{\sigma^8}\right)$$

$$\sigma = \sqrt{l^2 + \rho^2}$$

c représente la largeur, d la hauteur de la section des spires de la bobine B, ρ le rayon moyen de cette bobine, l la demi-longueur du solénoïde.

De nombreuses expériences ont été réalisées par cette méthode, en prenant pour la pile E des éléments Daniell, des éléments Bunsen ou une pile thermo-électrique. Les résistances à mesurer étaient des unités Siemens que l'on pouvait grouper de manière à avoir 1/2, 1 ou 2 U. S. L'auteur admet que ces unités sont égales entre elles, à des quantités près, inférieures à l'erreur que comportent toutes les méthodes de détermination de l'ohm.

Il trouve, comme résultat moyen, que

1. U. S = 0,94356 ohm (valeurs extrêmes 0,94323 et 0,94380

ou que l'ohm correspond à la résistance d'une colonne de mercure à 0 degré de 1 millimètre carré de section et de 105,78 c. m. de long.

Mesure de la force électromotrice de l'arc électrique, par V. von Lang (1).

Considérons une pile d'un nombre pair d'éléments fermée par une résistance interpolaire. Il y a sur cette résistance un point B qui est au même potentiel que le milieu A de la pile. Cela posé, on peut mesurer la résistance comprise entre les points A et B par les méthodes ordinaires, par exemple à l'aide du pont de Wheatstone. En particulier, si entre A et B se trouvent, de part et d'autre, deux lampes électriques égales, ce qui n'altère pas l'égalité des potentiels, on pourra mesurer la résistance r de l'une de ces lampes.

M. von Lang évalue en ampères, au moyen d'une boussole des tangentes, l'intensité i du courant qui traverse le circuit formé par la pile et les lampes. Il supprime ensuite celles-ci et les remplace par deux résistances égales qu'il règle de manière à ramener le courant à la même intensité i que précédemment.

Soit r' la valeur que possède alors l'une des résistances : la force électromotrice inverse e, développée dans l'arc électrique, équivaut à une résistance $r' - r$, égale à la différence des résistances apparente et effective, elle a pour valeur

$$e = i\,(r' - r)$$

M. von Lang a ainsi trouvé pour une lumière

(1) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXVI, pages 145-150.

électrique, entretenue par le courant de 58 éléments Bunsen, la valeur

$$e = 39 \text{ volts}$$

qu'il ne cite d'ailleurs qu'à titre d'exemple d'applications de la méthode.

Sur la résistance au passage dans l'arc électrique, par M. Edlund (1).

Tout le monde est aujourd'hui d'accord avec M. Edlund pour admettre que la résistance offerte, dans un circuit où l'intensité i du courant est constante, par des arcs électriques de longueur différente, peut être représentée par

$$r = a + bl$$

Mais les opinions diffèrent en ce qui concerne la signification de la constante a. Pour les uns, elle représente une résistance au passage dont l'électrode négative (ou une région de l'arc voisine de l'électrode) est le siège ; pour d'autres, il n'y a pas de résistance au passage appréciable, et a représente non une résistance, mais une force électromotrice. M. Edlund (2) a trouvé que, dans des limites très larges, a varie en raison inverse de l'intensité du courant.

La chute de potentiel ai correspondante est donc invariable et peut être attribuée à une force électromotrice constante. Les expériences de M. von Lang, dont on vient de rendre compte, sont favorables à cette opinion ; d'ailleurs les valeurs de la force électromotrice de l'arc, qui se déduisent des nombres publiés par les divers expérimentateurs, se trouvent sensiblement constantes (35 volts à 40 volts) et en accord avec celle que M. Edlund avait trouvée (41,97 volts en moyenne).

Résistance électrique de l'air raréfié, par Th. Homén (3).

On sait que, d'après M. Edlund (4), le vide parfait est bon conducteur de l'électricité : la résistance d'une colonne gazeuse plus ou moins raréfiée se compose de deux termes, l'un représentant la résistance proprement dite du gaz, qui diminue avec la pression, l'autre une résistance au passage dont la surface des électrodes est le siège, et qui varie d'après une loi entièrement différente : elle augmente quand la densité du gaz diminue et devient assez grande, aux plus faibles pressions que l'on sache réaliser, pour avoir pu causer l'illusion que le vide est isolant.

M. Homén, élève de M. Edlund, a réalisé une série de mesures de la résistance de colonnes d'air dont il pouvait faire varier la longueur et la pression. A cet effet, les tiges des électrodes passaient à frottement dans un espace rempli d'huile de ricin, et l'intérieur du tube était en communication avec une pompe à mercure de Tœpler. Les expériences ont confirmé les vues de M. Edlund :

1° La résistance propre de l'air est sensiblement indépendante de la section du tube qui le contient ; elle varie à peu près proportionnellement à la pression et cesse d'être mesurable pour des pressions très faibles.

2° La résistance aux électrodes croît de plus en plus vite à mesure que la pression diminue : elle devient assez forte aux pressions les plus basses, pour empêcher l'électricité à très haute tension de traverser le gaz.

M. Homén ne s'explique pas sur le siège précis de la résistance aux électrodes qui, d'après M. Goldstein (1), réside à la surface de l'électrode négative, d'après Hittorf (2) dans l'auréole lumineuse qui l'entoure, enfin, d'après M. Wiedemann (3), dans l'espace sombre qui se manifeste aux très basses pressions.

Modification des décharges à travers les gaz au voisinage d'une lame de platine incandescente, par K. Wesendonck (4).

Dans ses travaux sur les comètes, M. Faye (5), fut conduit à penser que les corps incandescents sont doués d'une force répulsive qu'il crut mettre

(1) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXVI, p. 518-520.

(2) *Pogg. Ann.*, t. CXXXI, p. 586, CXXXIII, p. 353, CXXXIV, p. 250 et 337, CXXXIX, p. 354 ; 1867-70.

(3) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXVI, pages 55-81.

(4) Edlund, *Wied. Ann.*, t. XV, p. 514 ; 1882.

(1) Goldstein, *Wied. Ann.* t. XXII, p. 260 ; 1881.

(2) Hittorf, *Pogg. Ann.* t. CXXXVI, p. 1 ; 1869.

(3) E. Wiedemann, *Wied. Ann.*, t. XX, p. 756 ; 1883.

(4) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annalen*, t. XXVI, p. 81-105.

(5) Faye, *Comptes rendus de l'Académie des Science* p. 894 et 9[illegible]0 ; 18[illegible]0.

en évidence par l'expérience suivante [1]. Une cloche, pourvue d'électrodes sphériques, était scellée sur la surface extérieure d'une pièce métallique en forme de cône, qui se terminait, à l'intérieur de la cloche, par une ouverture arrondie de 3 centimètres de diamètre sur laquelle était soudée une feuille de platine. Quand on raréfiait l'air au point de produire de belles stratifications, et qu'on échauffait la lame de platine à l'aide d'un brûleur, l'arc électrique se courbait usqu'à venir toucher la lame de platine ; mais, si l'on portait celle-ci au rouge sombre, on apercevait sur la plaque un espace sombre en forme de coupe de 0,5 c. m., d'épaisseur environ, qui traversait les stratifications et disparaissait de nouveau par le refroidissement. M. Faye explique l'expérience en admettant que la répulsion, due au platine incandescent, produit tout autour un espace, vide d'air, que la décharge ne peut traverser.

M. Wesendonck répète et varie l'expérience de M. Faye. La lame de platine est rendue incandescente, soit par le passage d'un courant, soit à l'aide d'un brûleur : on ne peut remarquer aucune différence entre l'effet des deux modes d'échauffement. La forme des appareils, la nature du gaz traversé par la décharge, enfin la pression ont été modifiées d'une expérience à l'autre et ont fourni des apparences très variées que M. Wesendonck décrit en détail. Toutes ces expériences s'expliquent, soit par la dilatation du gaz au voisinage du platine incandescent, soit par la dérivation d'une partie de la décharge à travers la lame de platine, sans qu'il paraisse nécessaire d'introduire l'effet de la répulsion spéciale imaginée par M. Faye.

Sur la rotation électromagnétique du plan de polarisation et sur quelques cas particuliers de la réfraction, par de Witt Brace [2].

Les recherches expérimentales de M. Brace ont pour objet de mettre en évidence, dans le phénomène de la rotation électro-magnétique du plan de polarisation, les propriétés des rayons circulaires inverses que Fresnel invoque pour expliquer le pouvoir rotatoire du quartz. Le mémoire comprend une partie théorique où sont traités quelques cas particuliers de la réfraction et une partie expérimentale où l'on cherche à mettre à profit les résultats de ces calculs.

I. M. Brace établit d'abord les conditions pour qu'un rayon incident donne, dans l'intérieur d'une substance biréfringente, deux rayons réfractés coïncidant en direction. La solution de cette question, pour les cristaux à un axe, dépend d'une équation du huitième degré qui se décompose en deux facteurs du premier degré et un facteur du sixième. La direction de l'axe répond évidemment à la question : dans ce cas particulier, les deux rayons coïncidant en direction ont aussi, dans le cristal, la même vitesse de propagation ; mais dans le cas général les deux rayons se propagent avec des vitesses différentes.

L'auteur démontre ensuite quelques propositions presque évidentes, relativement aux rayons réfléchis ou réfractés au voisinage de la réflexion totale.

II. Parmi les expériences tentées par M. Brace, dans des conditions évidemment très défavorables à l'observation, une seule a réussi : elle est tout à fait indépendante des calculs développés dans la première partie, et consiste essentiellement à placer, sur le trajet des faisceaux interférents fournis par les plaques épaisses de Jamin, deux canons égaux de verre de Faraday (les deux moitiés d'un même cylindre coupé par un plan diamétral), dont l'un est placé dans la portion la plus intense du champ magnétique d'un électro-aimant de Faraday, l'autre en dehors du champ. La lumière du sodium, polarisée par un nicol, traverse d'abord une lame quart d'onde, puis un collimateur, enfin est reçue sur le système formé par les plaques épaisses et les canons de verre : on observe les franges à l'aide d'un micromètre. Quand on intervertit le courant dans l'électro-aimant, on mesure un déplacement des franges égal à 0,1355 de l'intervalle de deux franges consécutives : le rayon circulaire (droit, par exemple), fourni par le nicol et le quart d'onde, se propage donc dans le verre avec une vitesse différente suivant le sens du courant. La différence des vitesses observées dans cette expérience est aussi celle de deux circulaires inverses sous l'influence du champ magnétique employé ; elle permet de calculer la rotation du plan de polarisation, ou in-

[1] Faye, *Annuaire du Bureau des Longitudes*, p. 766 ; *len*, 1883.

[2] *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann's Annat*. XXVI, p. 576-607.

versement. L'expérience directe (en supprimant le quart d'onde et par l'emploi d'un polarimètre à pénombres) a donné une rotation de 49° 20′, correspondant à un déplacement des franges de $\frac{49^\circ 20'}{360} = 0,137$, au lieu de 0,1355 : l'accord des deux modes de mesure est donc tout à fait satisfaisant.

Mesure de la constante de la rotation électromagnétique du plan de polarisation de la lumière du sodium dans le surfure de carbons, par A. Koepsel (1).

L'auteur mesure la rotation produite par une colonne de sulfure de carbone placée dans le champ magnétique et suivant l'axe d'une bobine connue; l'intensité du courant qui traverse la bobine est déterminée à l'aide d'un voltamètre à nitrate d'argent.

La principale difficulté des observations tient à la production de stries qui troublent le champ de vision sous l'influence de la moindre variation de température; l'auteur l'a écartée en entourant le tube à sulfure de carbone d'un tube concentrique où circulait un courant d'eau.

La constante de Verdet déterminée par ces expériences est

$$\alpha = 0,0419913' \pm 0,0000078'$$

à la température de 18 degrés. D'après lord Rayleigh (2), on aurait

$$\alpha = 0,042002$$

Sur la grandeur des tourbillons moléculaires de Maxwell et sur la densité de l'éther lumineux, par L. Graetz (1).

En combinant la théorie des tourbillons moléculaires de Maxwell et les observations de M. Kundt sur la rotation du plan de polarisation de la lumière à travers le fer, le nickel et le cobalt en couches minces, et à la faveur de quelques hypothèses plausibles sur des nombres mal déterminés, M. Graetz trouve comme limite supérieure de la densité de l'éther lumineux le nombre 9.10^{-16}. La densité de l'eau est prise pour unité.

D'autre part, il résulte d'une formule de Thomson que $s > 10^{-18}$. On peut donc admettre approximativement que cette densité est voisine de 10^{-17}.

Si l'air suivait exactement la loi de Mariotte, il posséderait eette densité à une hauteur d'environ 33 milles au-dessus du sol.

(1) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedemann Annalen*, t. XXVI, p. 456-480.

(2) Lord Rayleigh, *Proceed. of the Royal Society*, t. XXXVII, p. 146; 1884.

(3) *Journal de Physique*, d'après les *Wiedeman's Annalen*, t. XXV, p. 165-17.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

L'usine centrale de la compagnie berlinoise pour l'éclairage électrique. — Dans une correspondance adressée récemment de Berlin M. Dieudonné donnait quelques renseignements sur une nouvelle usine centrale. Aujourd'hui, la nouvelle station est en pleine activité, et comme l'installation est excellente sous tous les rapports, elle nous paraît mériter une description un peu détaillée.

La salle des machines se trouve à Berlin, dans la *Beuth Strasse*, et le courant produit suffit pour l'éclairage de l'ilôt triangulaire de maisons, limité par la *Leipziger Strasse*, la *Beuth Strasse*, et la *Commandanten Strasse*.

Les conducteurs employés sont les câbles bien connus de la maison Siemens avec chemise de plomb, armature en fer, et enveloppés de jute goudronnée. La section de ces conducteurs est calculée pour une perte de tension de trois volts en plein service.

Jusqu'à présent on n'a encore posé que trois conducteurs principaux formant ensemble une longueur de 965 mètres. Deux nouvelles lignes seront bientôt mises en exploitation, ainsi qu'un réseau de conducteurs de distribution.

Actuellement, les câbles, à leur sortie de l'usine, ont une section utile de 1005 millimètres carrés, et peuvent transmettre 2185 ampères, avec une perte de 3 volts.

La salle des machines a dû être bâtie sur un emplacement assez petit, dont la forme irrégulière

(fig. 3) a forcé celle des bâtiments. On s'est vu obligé de disposer l'installation d'une manière différente

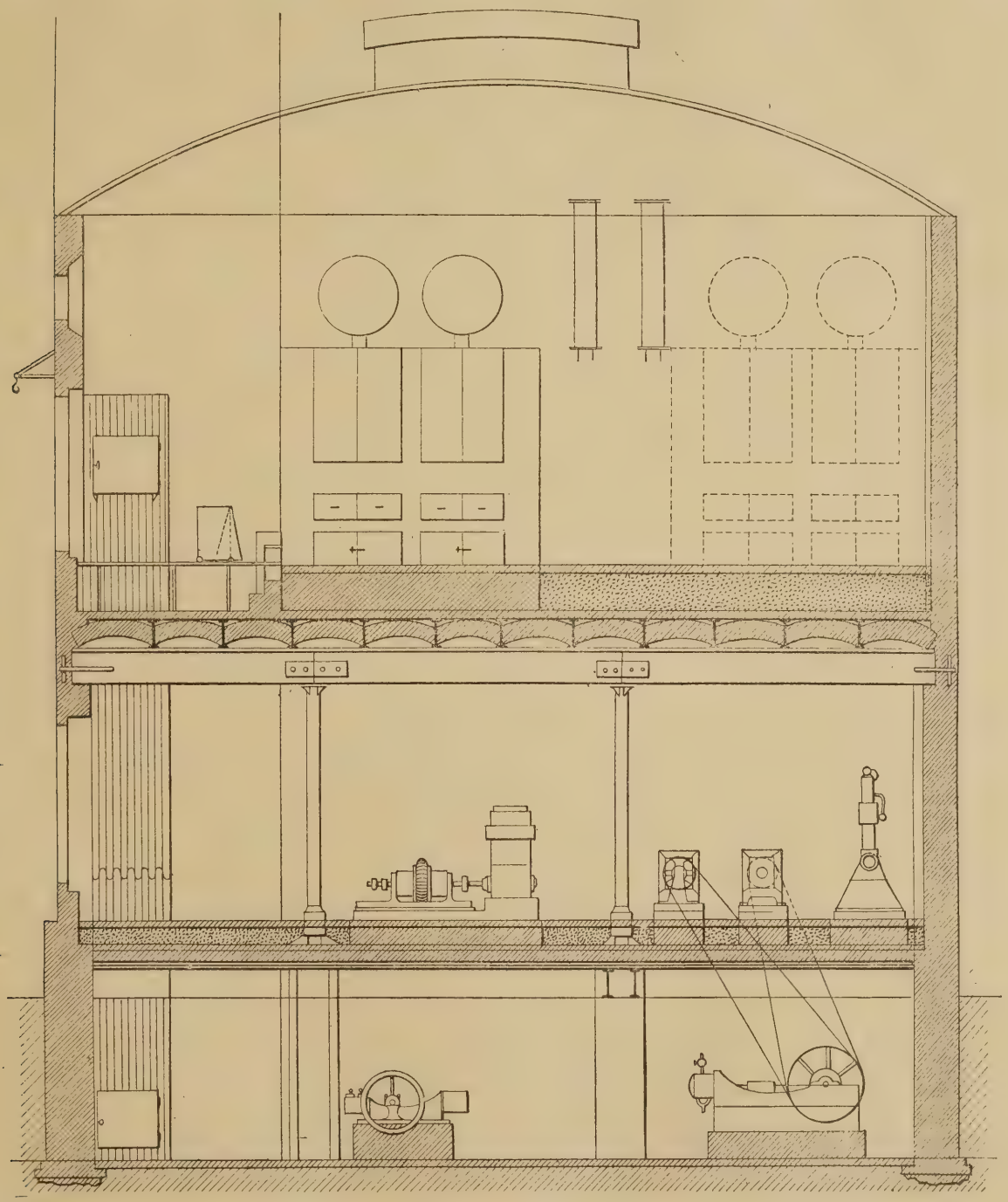


Fig. 1

des procédés usités. Les chaudières se trouvent au premier ; les dynamos et les machines à vapeur, les plus petites, au rez-de-chaussée, et les grandes machines à vapeur, la pompe, le dépôt de charbon et de graisse, dans le sous-sol.

La salle des chaudières est établie pour quatre

chaudières de 500 mètres carrés de surface de chauffe. Jusqu'à présent, on n'a monté que deux chaudières Bréda, de 125 mètres carrés de surface de chauffe chacune. Au-dessous des grilles se trouvent de grands cendriers en fer, imperméables à l'eau. Un bassin en fer sert à recevoir celle-ci, quand on vide les chaudières.

Après son refroidissement, cette eau s'écoule à travers une canalisation. Une pompe et un injecteur, qui prennent l'eau dans un bassin situé plus haut, servent à l'alimentation des chaudières. Un bassin plus petit d'eau froide fournit de l'eau fraîche sous pression constante pour les essais de résistance.

Le seul combustible employé est l'anthracite. La vapeur de l'échappement est employée pour réchauffer l'eau d'alimentation ; ce réchauffage est poussé assez loin pour que l'eau arrive presque bouillante dans les chaudières.

L'installation de celles-ci n'a pas été sans présenter des difficultés sérieuses, puisqu'il fallait prendre des précautions pour recueillir chaque goutte d'eau, pour ainsi dire ; les appareils et machines électriques occupant la salle placée directement au-dessous.

Grâce à l'enveloppe épaisse des tuyaux de vapeur, et aux fortes parois des chaudières, et grâce aussi à un système excellent de ventilation, la température dans la salle à chaudières n'est nullement désagréable.

Les deux grandes machines à vapeur donnent 80 chevaux à 210 tours, et à la pression de sept atmosphères ; le diamètre des cylindres est de 331,5 millimètres, et la course des pistons de 303 millimètres. Le tiroir est commandé directement par le régulateur, à l'aide de deux excentriques placés sur l'arbre du volant, ce qui a pour effet de maintenir constant le nombre de tours, même avec une charge très variable, de sorte que la vitesse de rotation ne varie guère que de 2 o/o. Toutes les pièces en mouvement sont si exactement équilibrées, que les machines travaillent très tranquillement, et n'ébranlent pas les murs environnants ; la lumière est absolument fixe. Les machines ne doivent pas consommer plus de 14 kilogrammes de vapeur par cheval et par heure ; on espère cependant rester au-dessous de cette limite.

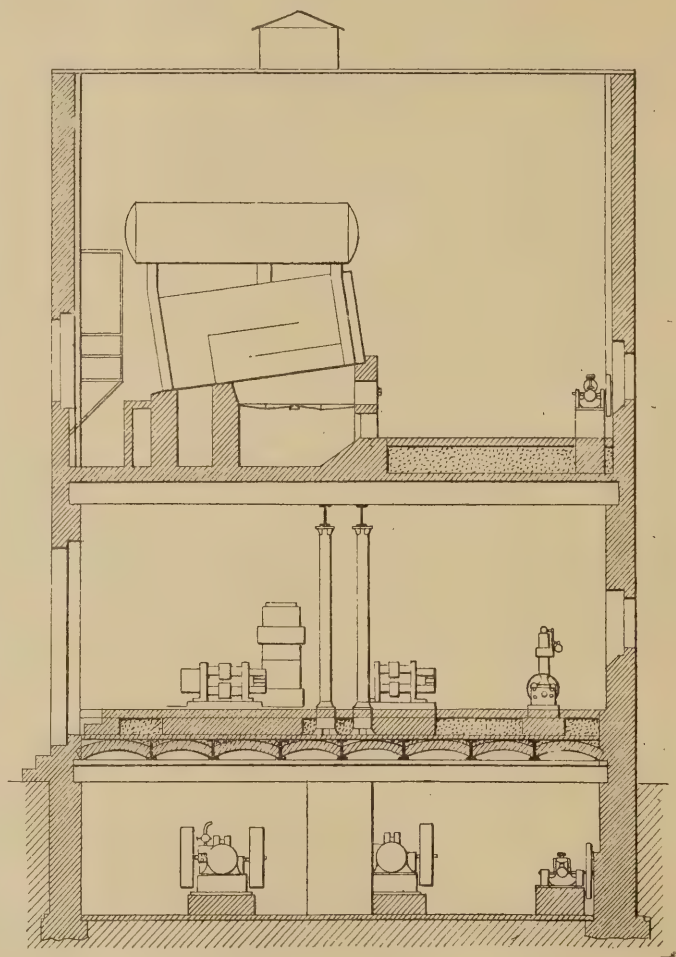


Fig. 2.

La commande des dynamos se fait au moyen de courroies, qui passent à travers des ouvertures ménagées dans le plafond. Dans le sous-sol, se trouve un puits avec pompe pour remplir le bassin servant à l'alimentation des chaudières.

A côté de la salle des machines. se trouve une pièce contenant plusieurs réservoirs à huile, dans lesquels des tuyaux amènent l'huile fraîche et bien nettoyée ; cet arrangement favorise la propreté, et évite le transport des tonneaux dans les escaliers.

Le sous-sol comprend deux salles, dont l'une renferme les machines à vapeur, l'autre les bureaux et les chambres des mesures.

Dans la salle des machines se trouvent 5 dynamos de 360 lampes de 16 bougies normales. (Les machines donnent 180 ampères avec 120 volts, ou 21,600 volt-ampère). Quatre de ces dynamos sont actionnées par des machines Armington avec transmission par courroies ; la quatrième est couplée directement avec une machine Willans, et sert comme dynamo de réserve. Les cinq machines peuvent donc alimenter 1800 lampes à incandescence.

Comme on peut le voir en se reportant au plan de la figure, il y a encore de la place pour un plus grand nombre de machines, de sorte que l'installation peut être augmentée jusqu'à concurrence de 4,000 lampes. Toutes les canalisations électriques et de vapeur, dans la salle des machines, sont disposées de telle façon, que les chaudières, les machines à vapeur, et les machines électriques necessaires au développement prévu, peuvent être montées, sans interrompre le travail de la station. Dans la salle des machines, se trouvent encore deux dynamos couplées avec deux machines Willans, qui produisent le courant pour un nombre considérable de lampes à arc.

Le tableau des communications, un cadre en fer, porte sur de fortes poutres, trente commutateurs, un grand indicateur de tension, quatre rhéostats de réglage, un voltmètre avec commutateurs, ainsi qu'un appareil qui indique les mises à la terre et les différences de tension par des sonneries et des lampes colorées. Ces appareils, combinés avec un jeu de résistances, permettent d'intercaler ou de retirer les dynamos du circuit, selon les besoins du service, sans produire d'oscillations sensibles dans la lumière, ou d'étincelles à la machine. Ce rhéostat peut transformer en chaleur tout le courant produit par deux dynamos, soit 400 ampères, une circulation d'eau empêchant une élévation excessive de la température.

Pour pouvoir calculer le nombre des dynamos à intercaler ou à retirer, suivant les besoins de l'éclairage, le circuit de chaque dynamo et de chaque câble contient un ampèremètre, indiquant l'intensité du courant par le déplacement d'une colonne liquide dans un tube de verre. Une observation continuelle de l'intensité du courant, ainsi que de la tension, est indispensable pour la bonne marche du service. Il est vrai que les dynamos étant munies d'un enroulement compound, régularisent automatiquement de petites variations mais lorsque la consommation varie beaucoup et brusquement, ce qui a pour conséquence de modifier un peu la vitesse de la machine à vapeur, il devient nécessaire de régler la tension, en augmentant ou en diminuant la résistance du circuit à fil fin des inducteurs. Lorsque de fortes oscillations de courant se produisent, la vitesse des machines à vapeur peut être modifiée à la main.

Les appareils de contrôle sont presque tous

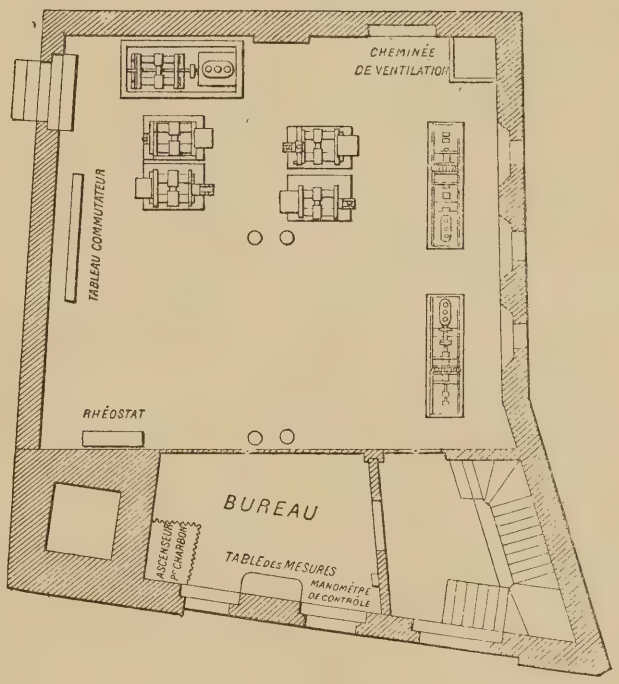


Fig. 3. — Rez-de-chaussée

placés dans la salle des mesures. Dans cette salle, aboutissent près de 30 fils, deux pour chaque câble, et deux pour chaque dynamo. Tous les jours, avant la mise en marche, on s'assure de l'isolation parfaite des conducteurs et des machines.

De l'inflammation des mélanges explosifs et du grisou par l'étincelle électrique et les filaments incandescents. — La *Commission* allemande, chargée de rechercher les causes des coups de grisou dans les mines, vient de publier quelques données relatives aux quantités de chaleur nécessaires pour amener l'inflammation du grisou.

Par exemple, en employant les étincelles d'extra-

courant de rupture, avec électrodes de cuivre, et une intensité de 15 ampères, l'inflammation du gaz était irrégulière ; avec 18 ampères, au contraire, l'inflammation avait toujours lieu.

Avec des électrodes de fer, l'intensité nécessaire est moindre, 8 ampères seulement suffisent, après échauffement préalable des fils par le passage du courant ; enfin avec le charbon, au contraire, il faut des courants plus forts : pour amener l'inflammation, il faut 20 ampères au moins, et il est même possible d'entretenir au sein du gaz un petit arc voltaïque, correspondant à 10 ampères, sans produire la détonation.

Avec les étincelles d'une bouteille de Leyde ; et une armature de 2000 c.m². , il fallait une distance explosive de 0,5 millimètre, pour produire l'inflammation.

Une machine à influence ne produit le même effet qu'avec des étincelles de 5 millimètres de longueur.

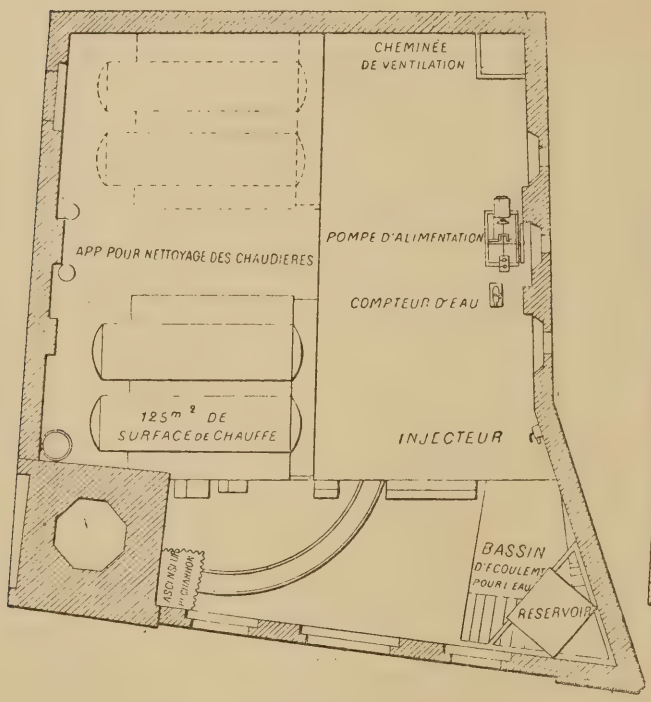


Fig. 4. — Premier étage

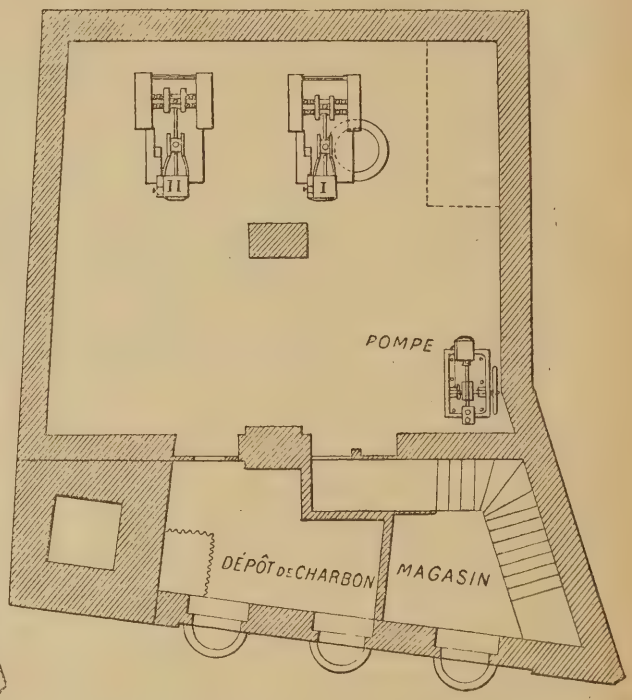


Fig. 5. — Sous-sol

En se servant comme source de chaleur de fils portés à l'incandescence, la Commission a obtenu les résultats suivants :

Des fils d'argent, amenés au point de fusion, n'enflammeraient pas le grisou ; le fil de cuivre difficilement.

Des fils de platine de diamètres différents, donnent lieu à l'inflammation de divers mélanges, à des températures différentes ; ainsi par exemple, un fil de 0,5 m.m. enflamme un mélange composé de 1 sur 14, à 1480 degrés ; avec une proportion de 1 à 10, il faut élever la température à 1700 degrés ; une augmentation du diamètre du fil diminue la température d'inflammation.

Une toile de platine amène l'inflammation beaucoup plus facilement qu'un fil simple.

D'une manière générale, plus la surface des fils incandescents est grande, plus l'inflammation a lieu facilement, au moins dans de certaines limites ; mais avec de grandes surfaces, l'influence de la vitesse du courant gazeux augmente beaucoup ; la température d'inflammation augmente avec cette vitesse.

Les fils de fer amènent moins facilement l'inflammation que ceux en platine ; avec des fils très fins, on peut aller jusqu'à la fusion sans résultat.

Toutes ces expériences ont été faites à des températures et pressions moyennes ; du reste, ces facteurs influent peu.

Le développement de l'ozone et son rapport avec l'état électrique de l'atmosphère. — Dans une des dernières séances de la *Deutsche Chemische Gesellschaft*, M. Wurster de Berlin a fait une communication, sur une réaction extrêmement sensible permettant de reconnaître la présence de l'ozone ; la substance considérée porte le nom harmonique de *tétraméthylparaphénylènediamine ;* la sensibilité de sa réaction avec l'ozone dépasse de beaucoup celle du nerf olfactif.

La production de l'ozone dans l'atmosphère est généralement attribuée à l'action de l'électricité sur l'oxygène. Mais M. Wurster, qui a eu l'occasion de faire une expérience pendant un orage à une altitude de 3,000 mètres, n'a pu constater la moindre trace d'ozone, bien que la tension électrique fut si forte que l'expérimentateur pouvait tirer des étincelles de tous les objets environnants.

Des observations sur le même sujet ont été faites, il y a longtemps déjà, par M. W. Siemens, sur la pyramide de Chéops pendant une tempête de *Khamsin*.

Il semblerait donc que ni le passage d'un courant, ni la tension électrique ne sont des causes de production d'ozone. Des observations nombreuses et poursuivies dans les circonstances les plus variées, ont amené M. Wurster à la conviction que la transformation de l'oxygène en ozone a lieu dans l'atmosphère sous l'action des rayons solaires.

Cette transformation n'a lieu d'une manière durable qu'en présence de l'eau ; un fait utilisé depuis longtemps dans le blanchiment.

En dépit des recherches de Desains et de Tyndall, l'action de la lumière sur l'oxygène a toujours été considérée comme une conséquence de l'état électrique de l'atmosphère.

Relativement aux phénomènes météorologiques proprement dits, M. Wurster a pu constater d'une manière certaine que, si une production d'ozone a lieu par l'action des rayons solaires à la partie supérieure des nuages, il y aura production continuelle d'ozone, si les nuages s'accroissent du côté des couches supérieures ; ces couches renfermeront finalement de l'ozone. Si, au contraire, le nuage augmente du côté du sol, les couches supérieures disparaissent sous l'action directe du soleil, et dans ce cas, il ne pourra s'accumuler d'ozone dans le nuage.

La partie supérieure s'électrise peu à peu négativement, et quand la tension électrique devient trop grande, la décharge a lieu avec la terre ou d'autres nuages.

D'après M. Wurster, des nuages d'orage ne se produiraient que lorsque le nuage se forme dans les couches élevées de l'atmosphère, de sorte que la surface supérieure du nuage soit soumise à l'action du soleil, de manière à amener l'électrisation négative graduelle de toute la masse.

Les phénomènes électriques de l'atmosphère seraient donc l'effet de l'action chimique des rayons solaires, et l'énergie électrique qu'ils mettent en jeu, proviendrait de la transformation de l'énergie des rayons lumineux en énergie chimique.

L'électricité ne serait donc pas la cause de la production de l'ozone, mais au contraire l'électricité apparaîtrait au moment de la réduction de l'ozone en oxygène ordinaire, par suite de la transformation d'une partie de l'énergie chimique.

Dr H. Michaelis

Autriche

Tandis qu'à Berlin, l'éclairage électrique se développe de plus en plus, à Vienne, au contraire, les entrepreneurs de ce mode d'éclairage ont à lutter avec des obstacles dont on ne se fait aucune idée ailleurs. Les demandes de concession elles-mêmes sont soumises à des formalités sans nombre, auxquelles viennent s'ajouter les objections et les exigences des autorités et des propriétaires voisins des immeubles dans lesquels l'installation doit se faire.

Lorsque toutes ces difficultés sont aplanies, c'est alors qu'apparaît le côté le plus épineux de la question, à savoir le traité avec la commune de Vienne, qui, en sa qualité de propriétaire des rues, voudrait, rattraper sur l'électricité les avantages qu'elle a abandonnés aux concessionnaires de l'éclairage actuel au gaz.

A l'appui de ce que nous venons de dire, il nous suffira de citer le traité que doit conclure la *Compagnie impériale Continentale* du gaz avec la Commune. Le 3 janvier courant, le maire a adressé aux membres du Conseil communal le projet de traité qu'il propose entre la commune de Vienne et la compagnie du gaz. Les articles de ce traité

que l'on peut considérer comme particulièrement vexatoires pour la Compagnie sont les suivants :

« Après l'expiration du traité, et dans le délai de trois mois au plus, la Compagnie sera tenue de faire enlever des rues toutes les conduites et leurs accessoires, et de rétablir les rues dans l'état où elles étaient avant la pose des conduites.

« Toutefois, la Commune aura le droit de racheter au prix d'estimation *judiciaire* tout ce matériel, y compris l'usine centrale elle-même avec toutes les constructions, et privilèges qui s'y rattachent, à la seule condition à charge pour la Commune d'informer une année d'avance la Compagnie du gaz de son intention de rachat. L'installation devra être livrée en bon état de fonctionnement.

« La Compagnie du gaz doit s'engager à faire constater *cadastralement* cette restriction de propriété, et à faire enregistrer et reconnaître que la commune de Vienne est libre d'acquérir ces immeubles contre payement de la valeur du capital fixée par estimation judiciaire, et que la Compagnie du gaz *se désiste du droit d'hypothéquer ces immeubles ou de les aliéner sans l'assentiment de la Commune*. De plus, la Compagnie devra donner à la Commune une déclaration d'après laquelle cette dernière a le droit de contrôler toutes les opérations cadastrales de la Compagnie ».

Pour plus de clarté, nous rappellerons que le *cadastre* est un registre public tenu par des agents de l'Etat, sur lequel sont portés en détail les terrains, bâtiments, parcelles appartenant à chaque *propriétaire*, avec toutes les servitudes, hypothèques, etc., qui les grévent et d'après lequel on peut toujours se rendre compte de tout ce qui concerne un immeuble.

Pour le droit d'occupation des rues, la Compagnie aurait à payer :

1° Un kreuzer (0,025 francs) par mètre courant des trois conduites, partant de l'usine centrale, et un florin (2 fr. 47), chaque fois qu'il y aura lieu de dépaver la rue, soit pour couper une canalisation, soit pour rechercher une fuite dans l'intérieur de la ville ;

2° 5 o/o de la recette brute de l'éclairage des deux théâtres de la Cour. Dans cette recette brute, la Commune fait entrer une somme de 124,000 florins (308,641 fr. 25) convenue entre la Compagnie et le Trésorier de la Cour en compensation de la gratuité des frais d'exploitation.

Grâce à ces difficultés, il n'y a rien d'étonnant à ce que les projets d'installation de l'éclairage électrique marchent avec tant de lenteur. Ces projets sont au nombre de sept, en y comprenant celui de la Compagnie du gaz déjà en cours d'exécution. Les six autres restent provisoirement à l'état de projets ; nous allons les mentionner par ordre d'ancienneté :

1° Projet de l'ingénieur Fischer portant sur 10,000 à 15,000 lampes dans lintérieur de la ville ;

2° Projet de MM. Siemens et Halske, pour le même nombre de lampes, également au centre de la ville ;

3° Projet de MM. B. Egger et Cie, s'appliquant à 4,000 lampes dans un quartier méridional de la ville ;

4° Projet de MM. Ganz et Cie avec transformateurs. L'usine s'établirait dans un bâtiment sur le canal du Danube, qui fournirait la force hydraulique. Cette usine éclairerait le pâté de maisons qui entoure le nouvel Hôtel de ville ;

5° Projet de M. de Calo, qui comprend une usine avec accumulateurs dans la partie de la ville située près du Kahlenberg ; le nombre de lampes n'est pas indiqué ;

6° Projet de MM. Kremenezki, Leistler et Dr Englander. De tous ceux que nous venons de nommer, ce projet quoique le plus récent, est basé sur des données claires et précises. L'établissement fournirait le courant aux quartiers les plus industriels de la ville, Mariahilf, Gumpendorf et Neubau. L'usine centrale occupe dans le projet une superficie de 1902 mètres carrés ; elle a six chaudières à vapeur de 150 mètres carrés de surface de chauffe et une tension de 10 atmosphères ; six machines à vapeur Compound de 150 chevaux, qui commandent directement les dynamos au moyen de courroies, sans transmission. Les machines font 150 tours par minute. Les dynamos au

nombre de douze, donnent, à une vitesse de 600 tours par minute, 56,250 watts (125 volts et 450 ampères). L'usine centrale est à même d'alimenier 10,000 lampes et elle serait pourvue également d'accumulateurs. Ce nouveau projet est remarquablement conçu, bien calculé, en un mot très viable.

En ce qui concerne la téléphonie, le réseau de l'Etat sera bientôt établi. Les communications au delà de la frontière sont accordées et seront fréquemment mises en réquisition, notamment entre l'Allemagne et l'Autriche, car les contrées les plus industrielles de notre pays, la Bohême, la Moravie, la Silésie, touchent à la frontière allemande.

En terminant, je vous signalerai, en attendant une plus ample et prochaine description, un nouvel appareil de sureté, combinaison fort ingénieuse de tous les appareils employés jusqu'ici isolément, pour prévenir le vol, les attentats, l'incendie et les accidents. Cet instrument est dû à un avocat de Prague, M. le Dr Taussig, qui le fait construire ici par la maison Krizik.

J. Kareis.

États-Unis

Le tramway électrique de Philadelphie. — J'ai déjà parlé du chemin de fer électrique de M. Schlesinger qui fonctionne à Philadelphie, et je vais maintenant faire une description sommaire de la voiture représentée sur la figure 4.

C'est une ancienne voiture d'été, ouverte qui pèse, avec le moteur et les accessoires, 3150 kgs. Elle contient normalement 30 voyageurs, mais on en a transporté jusqu'à 90 à la fois. Le moteur est placé sous la voiture entre les deux essieux avec lesquels il communique au moyen de chaines. Il peut donner jusqu'à 14 chevaux.

L'appareil de réglage se trouve sur la plateforme d'avant, et se compose d'une boîte plate avec un seul levier. Quand ce dernier est dans la position du milieu, comme sur la figure, la voiture est au repos.

En déplaçant le levier à droite, on fait avancer la voiture; en le mettant à gauche, on la fait reculer. La vitesse dépend de la distance à laquelle on éloigne le levier du centre.

Fig. 4

La voiture est munie d'un frein électrique puissant, et est éclairée à l'électricité en dedans comme en dehors. Elle a marché journellement pendant les quatre derniers mois à une vitesse moyenne de 15 kilomètres à l'heure.

Le courant est amené par des conducteurs placés dans une canalisation.

Lampes a arc placées sur des circuits a incandescence, avec courants alternatifs. — Une des principales difficultés qui s'oppose à l'emploi des lampes à arc sur circuits à potentiel constant, tels qu'on les emploie pour les lampes à incandescence, est le danger qui peut résulter d'une mise en court circuit, si, par une cause quelconque, les charbons se rapprochent outre-mesure ou viennent en contact l'un avec l'autre.

Pour parer à cet inconvénient dans le cas des circuits à courants alternatifs, M. J. E. H. Gordon, l'électricien anglais bien connu, emploie une bobine E, fig. 5, placée en série avec chaque lampe à arc ; cette bobine possède une faible résistance réelle, en sorte, que la perte d'énergie

est très faible, mais elle a par contre un coefficient de self-induction aussi grand que possible. Si la résistance de la lampe se trouve supprimée, par exemple, par suite du contact direct des charbons, le courant augmente, il est vrai, dans cette dérivation, mais il atteint rapidement un maxi-

Fig. 5.

mum, peu différent de la valeur normale, et déterminé par l'augmentation correspondante de la self-induction.

La forme de la bobine doit être telle que, pour une quantité de fil déterminée, c'est-à-dire, pour une résistance réelle donnée, l'induction soit aussi grande que possible. En d'autres termes, il faut qu'avec l'induction voulue, la quantité de fil et la résistance réelle soient aussi faibles que possible.

Le professeur Clerk Maxwell, dans son ouvrage sur l'*Électricité*, 2e édition, tome II, sect. 706, page 316, a montré que la bobine de self-induction maxima est une bobine cylindrique dont le fil est enroulé dans une gorge de section carrée,

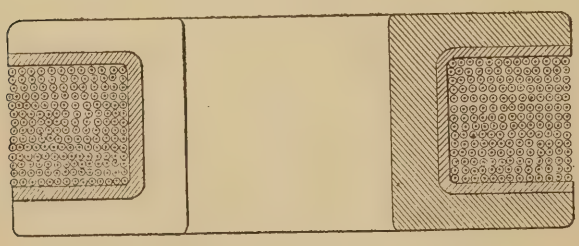


Fig. 6.

et dont le diamètre moyen est égal aux trois septièmes du côté de la gorge.

Cette bobine est représentée par les figures 6 et 7. Le noyau, ou plutôt la bobine sur laquelle le fil est enroulé, est en fonte ; elle est creuse au centre, et fendue de façon à empêcher la production des courants induits dans ce noyau.

M. Gordon indique que, avec une bobine d'induction de ce genre, dont la résistance réelle était de trois dixièmes d'ohm, et en employant un courant alternatif d'une force électromotrice de 86 volts, le courant traversant cette bobine et une lampe à arc, était de 16 ampères. En mettant la lampe en court circuit, le courant n'augmentait que jusqu'à 19 ampères, tandis qu'avec une résistance, sans induction, de trois dixièmes d'ohm, il aurait atteint 286 ampères.

Cette bobine peut-être placée au point de jonction de la dérivation de la lampe à arc avec les conducteurs principaux. Dans ce cas, elle sert à prévenir l'échauffement en cas de court circuit, et remplace ainsi avantageusement les interrup-

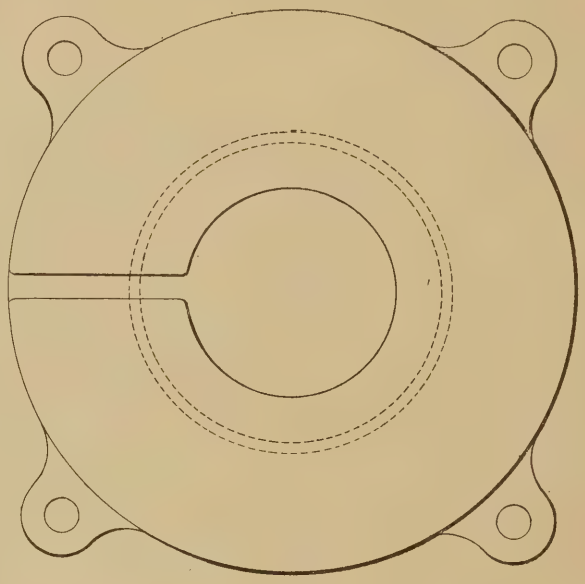


Fig. 7

teurs fusibles qui, on le sait, ne peuvent guère être employés avec les lampes à arc.

Dans le cas où les dérivations de plusieurs lampes partent d'un même point, il faut avoir soin de ne pas placer les bobine inductives trop près les unes des autres, car leur induction mutuelle ferait vaciller la lumière ; elles doivent être distantes d'au moins 15 à 20 centimètres l'une de l'autre.

L'idée de relier les lampes à arc en circuit avec une bobine à grande induction, comme appareil de sûreté, n'est pas nouvelle en elle-même ; mais l'application à la construction de cette bobine de la loi indiquée par Maxwell méritait d'être mentionnée. J'ajouterai que ce dispositif vient d'être breveté aux États-Unis.

Régulateur Thomson pour machines dynamos. — En général, on cherche à empêcher autant que possible l'échauffement des circuits et des appareils régulateurs employés dans l'éclairage électrique ; tout récemment, le professeur Elihu Thomson a eu, au contraire, l'idée de tirer parti de cet échauffement pour la régulation des dynamos.

En général, la résistance électrique des métaux augmente, on le sait, avec l'élévation de la température. C'est cette propriété que le professeur Thomson emploie pour obtenir un réglage graduel du courant, en d'autres termes, pour obtenir une force électromotrice constante avec des machines en dérivation ou compound destinées à l'éclairage à l'incandescence.

Avant d'entrer dans les détails de l'appareil employé, il convient de dire que quatre organes distincts entrent en jeu pour opérer la régulation ; ce sont :

1° Un électro-aimant *contrôleur* relié au circuit de telle sorte qu'il soit affecté par les variations des conditions électriques.

2° Un organe *moteur*, dont l'action est gouvernée par l'aimant *contrôleur* ;

3° Une résistance variable reliée à la dynamo de manière à en régler la puissance, et formée d'une matière dont la résistance varie avec les changements de température ;

4° Un appareil permettant de régler la température de la bobine de résistance.

Le dessin ci-après (fig. 8) indique la manière dont ces conditions sont remplies. Comme on le voit, les bobines des électros de la machine sont en dérivation sur le circuit extérieur et en série avec la résistance R, formée de fil de platine ou de fer, et formant une fraction considérable de la résistance totale de la dérivation.

La résistance R est renfermée dans un tube ou cheminée garnie d'une matière non conductrice de la chaleur, et munie de trous dans le bas pour la circulation de l'air.

L'ouverture au sommet de la cheminée est réglée par une soupape V fixée à l'extrémité du levier L' qui porte l'armature de l'aimant M. La soupape contrôle le tirage de l'air produit par la chaleur développée dans la bobine R, et détermine sa température finale.

L'électro-aimant M est excité par un courant

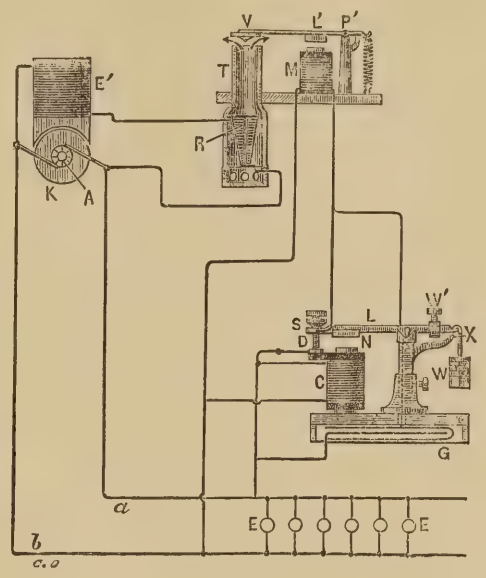


Fig. 8.

dérivé des conducteurs principaux *a b* et son circuit est contrôlé par des contacts fonctionnant sous l'action de l'électro C. Ces contacts se composent d'un arrêt D et d'une vis ajustable S à l'extrémité du levier L portant l'armature N de l'électro-aimant. Le contact D est relié au conducteur *a*, et le contact S au conducteur *b*, l'électro-aimant M étant compris entre ces 2 contacts.

Il y a, en outre, un condensateur G destiné à

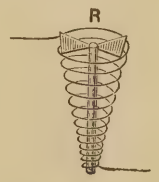


Fig. 9

empêcher la production d'étincelles au contact D lors de l'ouverture du circuit de l'électro. L'électro-aimant C est relié également avec l'une des dérivations comprises entre les conducteurs *a* et *b*, de sorte qu'il sera sensible à tout changement de potentiel de ces conducteurs.

Le levier d'armature L est monté sur des sup-

ports en lame de couteau, et l'attraction de l'aimant est contrebalancée par un poids W suspendu de manière à éviter le frottement sur les supports du levier; ce poids est préférable à un ressort, au point de vue de la constance de l'action. Un autre poids W', mobile sur le levier L, sert à régler l'action du contre-poids.

Supposons le réglage fait de telle sorte qu'il y ait équilibre exact, lorsque l'électro-aimant C est normalement excité, et que la vis S soit réglée de façon à agir conjointement avec l'arrêt d'arrière X du levier, et à laisser un faible jeu aux contacts. Il est évident que la moindre variation dans la différence de potentiel entre les conducteurs *a* et *b* entraînera une augmentation ou une diminution de puissance de l'aimant C, accompagnée de la fermeture ou de l'ouverture du contact D. Les contacts D et S ont donc pour effet de mettre en circuit ou hors circuit l'aimant M, et il en résulte une variation de la résistance R, par suite de la fermeture ou de l'ouverture de la soupape V, suivie d'un échauffement ou d'un refroidissement de la bobine selon que le courant d'air froid est supprimé ou rétabli par l'action de la soupape.

Une augmentation de la température de la bobine R, produite par la fermeture de la soupape, a pour effet d'introduire une plus grande résistance dans le circuit des électros de la machine, et de diminuer par conséquent la puissance de son champ. Réciproquement, l'abaissement de la température de R par l'établissement d'un courant d'air froid entraîne une augmentation de puissance du champ. Ces variations du champ réglent dans le sens voulu la différence de potentiel entre les deux conducteurs principaux *a* et *b*. En pratique, les ouvertures et fermetures de la cheminée sont continuelles, ce qui maintient constante la force électromotrice, ou la différence de potentiel entre les conducteurs *a* et *b*.

Bien que l'on se serve de bobines de fil de fer ou de platine, il est évident que l'on peut employer aussi le charbon comme résistance; mais, dans ce cas, l'action de la soupape V devra être renversée.

La résistance R, qui est représentée figure 9, est enroulée sur un châssis conique, de sorte que ses tours successifs ne fassent pas écran les uns pour les autres contre l'action du courant d'air. Le châssis est formé d'ailettes qui vont en se rétrécissant et qui sont faites d'une matière non conductrice telle que le mica; elles sont montées sur une tige en métal ou en plâtre; des encoches réservées dans leurs bords extérieurs servent à recevoir le fil de fer ou de platine formant la bobine.

Un nouveau dispositif pour les piles a chlorure d'argent. — Dans les piles de ce genre, le chlorure d'argent est généralement couvert d'un morceau de parchemin pour l'empêcher de venir au contact du zinc. Quelquefois on place un bloc en caoutchouc entre les électrodes, qui sont main-

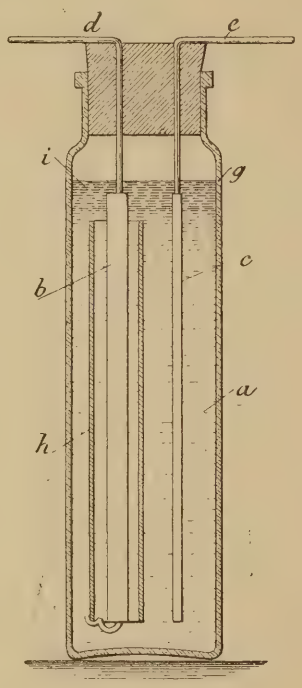


Fig. 10

tenues ensemble par des bandes également en caoutchouc.

Quand on se sert de drap ou de parchemin, il est nécessaire d'enlever cette enveloppe pour pouvoir examiner le chlorure d'argent. On a constaté que si l'on se sert d'un bloc en caoutchouc, il se détache des particules d'argent ou de zinc qui tombent sur le bloc et établissent une communication entre les électrodes.

Pour éviter ces inconvénients, M. W. R. Patterson, de Chicago, a imaginé le dispositif représenté sur la figure 10. Il emploie un tube transparent qui entoure complètement le chlorure d'argent. Ce tube qui est ouvert aux deux extrémités

permet aux liquides de circuler librement et empêche toute communication entre les deux électrodes.

On voit sur la figure 10 que le chlorure d'argent *b* et le zinc sont suspendus dans la solution d'ammoniaque par les fils *d* et *e* qui traversent le bouchon du vase *g*. Le fil *d* est en argent, il est courbé à une extrémité inférieure afin de soutenir le tube en verre *h*.

La solution de sel ammoniacal est recouverte d'une couche d'huile *i*, qui a pour but d'éviter une action chimique de se produire sur les fils de communication, aux points où ceux-ci touchent les éléments de la pile. L'huile *i* suffit pour recouvrir le joint entre le zinc et le fil *e*; la protection de l'huile non conductrice permet d'employer du cuivre pour ce fil au lieu d'argent et il peut être soudé au zinc sans aucun inconvénient.

MÉTHODE DE HOWELL POUR INDIQUER LE POTENTIEL DES CIRCUITS D'ÉCLAIRAGE A L'INCANDESCENCE. — Pour assurer une longue durée aux lampes et maintenir l'uniformité dans la distribution, il importe de conserver le même potentiel en certains points du réseau. Ces points sont ordinairement les extrémités des conducteurs d'alimentation principaux. Pour y maintenir le potentiel constant, des fils spéciaux relient ces points à la station, et des appareils en communication avec ces fils, indiquent le potentiel et permettent de régler les conducteurs d'alimentation, de façon à corriger la pression à leurs extrémités.

Les indicateurs employés jusqu'ici étaient des instruments indépendants, c'est-à-dire que, chacun d'eux étant relié directement aux deux conducteurs dont la différence de potentiel doit être maintenue constante, l'appareil indique immédiatement cette différence. On obtenait avec cette méthode une mesure absolue de la pression en chacun de ces points, et les indicateurs devaient être réglés constamment d'une manière indépendante les uns des autres.

L'expérience a démontré que ces indicateurs sont susceptibles de se dérégler, et partant, de donner des indications erronées, ce qui a pour conséquence le maintien d'un potentiel variable aux points d'alimentation.

C'est pour remédier à cet inconvénient que M. John Howell, de la Cie Édison, a imaginé une méthode dans laquelle un seul indicateur absolu est employé en un point du système, et le potentiel de tous les autres points se mesure seulement par comparaison avec ce potentiel normal.

Le principe de cette méthode est représenté par le diagramme (fig. 11).

Supposons, par exemple, que l'on veuille maintenir la même différence de potentiel entre les circuits 1 2 que celle qui règne entre 3 et 4, et que 1 2 soient pourvus d'un indicateur absolu montrant la différence de potentiel qui existe entre eux.

Pour s'assurer si la différence de potentiel entre 3 4, est ou n'est pas la même que celle entre 1 2, M. Howell compare ces potentiels en reliant par un pont 5, les deux conducteurs positifs, et en reliant les conducteurs négatifs 2 et 4 par un pont semblable 6. Ces deux ponts font partie des

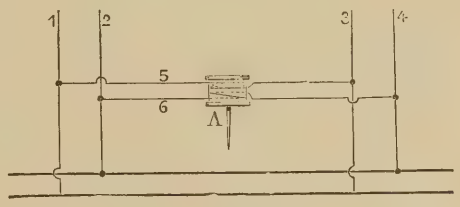


Fig. 11

circuits d'un galvanomètre différentiel A à grandes résistances.

Supposons maintenant que les potentiels en 1 2, soient représentés par 200 sur le conducteur positif 1, et par 100 sur le conducteur négatif 2. Supposons encore que la différence de potentiel 100 soit la pression que l'on désire maintenir constante dans les deux circuits. Si les potentiels sont les mêmes en 3,4, aucun courant ne traversera le galvanomètre et l'aiguille restera au zéro.

Si, en 3 4 les potentiels sont représentés par 202 et 102, il s'établit alors dans chaque fil de pont, et, par suite dans chaque bobine du galvanomètre, un courant déterminé par une différence de potentiel 2. Comme dans chaque fil de pont, ce courant passe du circuit 3,4 à 1,2, les actions se neutralisent réciproquement et il n'y aura encore aucune déviation de l'aiguille.

Mais si, en 3,4, les potentiels sont représentés par 202 et 104, les courants dans les bobines du galvanomètre seront de même sens qu'auparavant, mais leurs intensités étant différentes, l'aiguille déviera du zéro.

Le circuit 1 2 est réglé d'après son indicateur absolu, tandis que le circuit 3 4 et tous les circuits reliés de la même manière avec 1 2 se règlent d'après les indications des divers galvanomètres A. De plus, ces instruments peuvent être utilisés

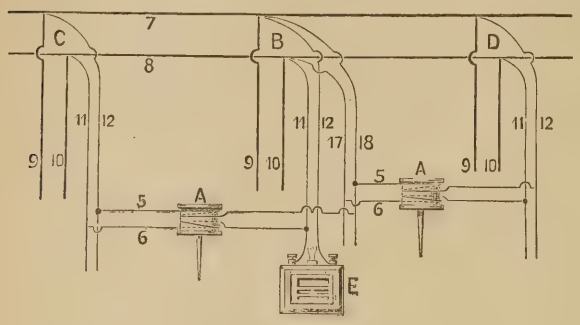


Fig. 12.

pour effectuer automatiquement le réglage comme nous allons l'expliquer.

La figure 12 représente l'application de ce principe à un système de distribution à deux conducteurs principaux. Ceux-ci sont représentés par 7,8; les points B, C, D, indiquent les prises de courants des alimentateurs 9 10, ou feeders, qui relient les conducteurs principaux à la station centrale. Des fils indicateurs de pression 11 12 partent des points B, C, D, et les relient à la station. Pour la régulation, les feeders sont

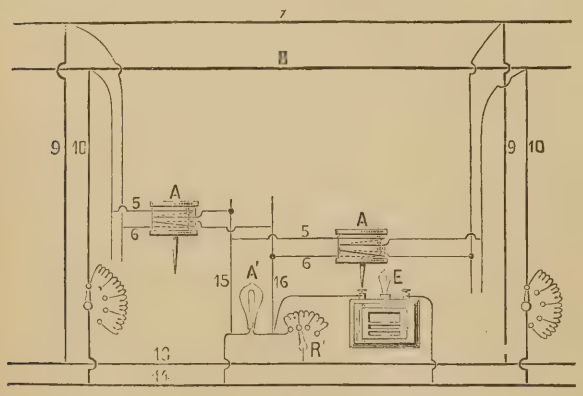


Fig. 13.

pourvus d'un rhéostat R variable à la main, comme celui représenté (fig. 13), ou automatique comme dans la figure 14.

L'indicateur absolu E est relié aux fils de pression partant de B. Les ponts 5 6 relient deux fils de pression supplémentaires 17 et 18, provenant également de B, avec ceux de C et D; ces points font partie des deux circuits des galvanomètres différentiels A A. On a de la sorte des indications pour régler les trois alimentateurs et maintenir la pression voulue aux points B, C, D.

Pour un système à trois conducteurs, les pressions en B entre le conducteur neutre et les deux autres sont indiquées par deux indicateurs absolus, tandis que quatre indicateurs relatifs montrent si les pressions en C et D sont différentes des pressions en B.

Les indicateurs relatifs ont un avantage particulier, quand ils sont appliqués à un système de distribution à trois conducteurs; ils permettent de déterminer si un courant passe dans le fil neutre d'un feeder, par une comparaison directe des potentiels sur les fils neutres des divers feeders.

Il suffit, pour cela, de couper les ponts qui re-

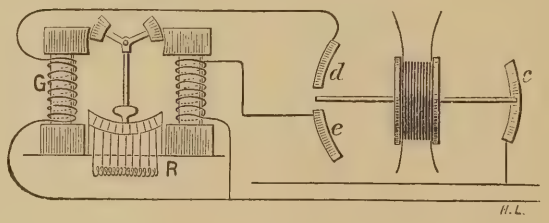


Fig. 14

lient entr'eux les conducteurs positifs et les conducteurs négatifs, en ne maintenant en relation avec les instruments que ceux qui relient les conducteurs neutres. Les indicateurs relatifs agissent alors comme de simples galvanomètres et indiquent les différences de potentiel entre les conducteurs neutres. L'établissement d'un courant dans ces derniers indiquant que le système n'est pas équilibré, les indicateurs relatifs permettent donc de reconnaître ces défauts et d'y remédier. Dans le dispositif indiqué par la figure 13, la lampe à incandescence A', constituant une résistance fixe est reliée par les fils 13, 14 à la station; elle est, en outre, en série avec une résistance ajustable R'. Un indicateur absolu E est relié en arc multiple avec la lampe A', de sorte qu'en ajustant R' par rapport à E, on peut conserver à la lampe un pouvoir éclairant correspondant à la différence de potentiel que l'on désire pour les extrémités extérieures des alimentateurs.

Les ponts avec leurs indicateurs relatifs, sont

alors reliés entre les fils indicateurs de pression de l'alimentateur, et les fils 15, 16 qui partent des bornes de la lampe A'.

Le réglage peut aussi être effectué automatiquement par l'appareil représenté en diagramme (fig. 14).

Dans cette disposition, l'aiguille du galvanomètre différentiel communique d'une manière continue avec un godet à mercure *c*, et, d'autre part, elle s'étend normalement entre deux autres godets *d*, *e*; il contrôle de cette manière deux circuits aboutissant au régulateur intermédiaire de résistance G.

Pile a utilisation de la chaleur de Kendall. — Il y a quelques mois, *La Lumière Électrique* donnait la description d'une pile dans laquelle l'action de la chaleur sur le platine, donnant lieu au dégagement du gaz hydrogène, était utilisée pour la production d'un courant. L'inventeur de l'appareil, M. James Alfred Kendall, a depuis lors, apporté dans la forme de cette pile, des perfectionnements essentiels, et il l'a fait breveter récemment aux Etats-Unis.

L'appareil se compose en principe de deux plaques ou tubes métalliques entre lesquels est interposée une substance saline ou vitrée que l'auteur appelle le *medium*. L'un de ces tubes est exposé au gaz hydrogène ou à un mélange de gaz contenant de l'hydrogène libre; l'autre est exposé à de l'air ou à de l'oxygène chauffé. Le tube intérieur est alimenté continuellement d'hydrogène tandis que le tube extérieur est soumis à l'action de l'air chauffé dans un carneau; le tout est maintenu à la chaleur rouge.

C'est le platine qui, jusqu'à présent, a donné les meilleurs résultats; on peut cependant employer d'autres métaux, tels que le palladium, l'or, le fer, etc., qui, à la chaleur rouge, sont perméables à l'hydrogène.

Le milieu interposé entre les plaques ou tubes peut également varier considérablement : tous les corps vitrés qui n'ont pas d'action corrosive sur les métaux peuvent être employés, de même que l'argile ou la terre à potier, saturées de chlorure de sodium ou de potassium, ou encore des matières réfractaires poreuses, telles que la brique imprégnée de matières vitrées.

Le modèle de pile le plus récent adopté par M. Kendall, est représenté par la figure 15, qui est une section longitudinale d'un fourneau cylindrique pour une batterie de quatre éléments disposés en cercle.

La paroi du fourneau A en briques réfractaires est surmontée d'un chapeau B en argile réfractaire également, dans lequel sont ménagés des trous pour les éléments. La chaleur, qui peut provenir de jets de gaz ou d'un foyer, s'élève de P dans le tube D et vient frapper les tubes en porcelaine E. Les tubes extérieurs en platine F, sont plissés longitudinalement et les tubes intérieurs G, également en platine, sont suspendus au disque en argile H. Ce dernier est pourvu d'un tampon métallique Q, qui peut glisser sur les tiges en fer L, et être maintenu à la hauteur voulue, au moyen d'une vis.

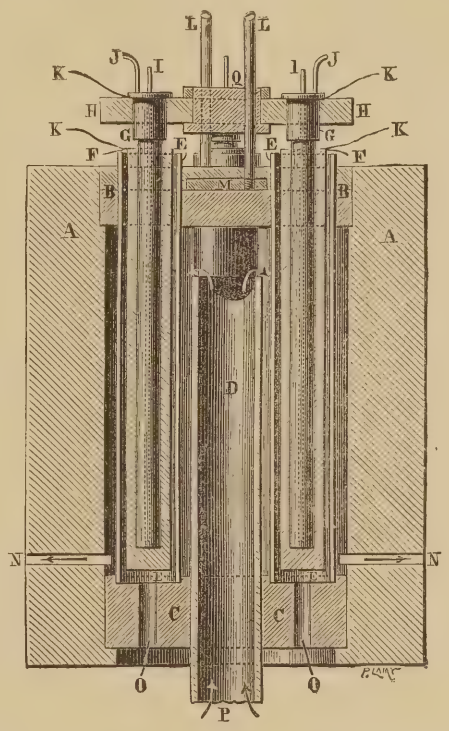


Fig. 15

L'hydrogène est envoyé au fond des éléments par les tubes I, I; le gaz en excès s'échappe par les tubes J J. Les conducteurs K K sont attachés respectivement aux tubes en platine intérieurs et extérieurs. Les gaz chauds du fourneau s'échappent en N après avoir circulé autour des tubes, et les trous O permettent à l'air atmosphérique, de venir en contact avec les tubes de platine extérieurs.

La matière vitrée ou saline employée comme milieu entre les tubes peut, on le comprend, être introduite à l'état liquide, où être fondue sur place en la soumettant à une chaleur intense. Le tube en porcelaine E sert uniquement à protéger les éléments, à égaliser la chaleur et à empêcher les gaz du fourneau de corrompre l'air amené en contact avec le tube de platine extérieur.

La production de l'électricité dépend, comme on le voit, de l'absorption continue de l'hydrogène par le tube de platine intérieur et du passage de ce gaz, à travers le milieu et l'autre tube extérieur, jusqu'à l'oxygène qui se trouve à la surface de ce dernier, où a lieu la combinaison des deux gaz. Quoique le milieu ne soit pas normalement un bon conducteur, il le devient par l'action de la chaleur élevée et par le passage de l'hydrogène. D'après l'inventeur, le passage de l'hydrogène n'entraîne pas la décomposition du milieu employé.

« J'ignore, dit M. Kendall, si l'action est électrolytique, grâce au concours de faibles quantités d'eau dans la matière vitrée, même élevée à la chaleur rouge, etc., et il doit être très difficile de s'en assurer; mais qu'il y ait de l'eau ou non, il est certain que des courants électriques considérables peuvent être produits de cette manière. »

Le nouveau système télégraphique sextuple de M. Field. — La télégraphie multiple a été jusqu'à ce jour réalisée de plusieurs manières; on a employé des méthodes de compensation et de neutralisation comme pour les systèmes duplex et quadruplex ; on s'est servi du synchronisme comme dans le système Delaney et Callahan; enfin M. Gray a inventé le télégraphe harmonique. Dans le même ordre d'idées on peut mentionner les systèmes de télégraphie et de téléphonie simultanées, par le même fil.

Le nouveau système de télégraphie sextuple de M. Stephen D. Field, tout en faisant usage de certains dispositifs déjà employés dans les autres systèmes, est néanmoins original et intéressant; il semble destiné à recevoir une application considérable, à en juger par les résultats pratiques obtenus en notre présence.

L'invention de M. Field est basée sur ce fait bien connu que des courants de différents genres envoyés simultanément dans le même fil, ne se gênent pas mutuellement et peuvent être utilisés à l'autre bout de la ligne pour faire fonctionner différents appareils récepteurs.

Le nouveau système comprend ainsi trois courants de nature différente, un courant direct d'intensité variable, actionnant un relais neutre, un courant inverse actionnant un relais polarisé, et un courant rapide et vibratoire qui agit sur le diaphragme d'un téléphone.

Ces trois courants mettent en action les appareils récepteurs qui correspondent à chacun d'eux sans se gêner mutuellement, et comme chaque type d'appareil fonctionne en duplex par la méthode de compensation, la ligne peut évidemment transmettre trois dépêches dans les deux sens, ou six dépêches simultanées.

La figure 16 représente la disposition des circuits et des appareils, grâce à laquelle ces résultats sont obtenus. Nous ferons tout d'abord remarquer qu'il n'y a pas un seul élément de pile en action et que le courant est fourni à la ligne principale comme aux lignes locales, par une machine dynamo. Cette dernière est représentée en F ; son induit est pourvu de deux enroulements indépendants qui fournissent les courants respectivement aux deux commutateurs E et D.

La prise des courants locaux se fait sur le commutateur E, et le circuit communique avec les trois transmetteurs locaux 1, 2 et 3 qui sont manipulés de la manière ordinaire par les clefs K^1 K^2 et K^3. Le courant principal est pris sur le commutateur D et sert à actionner les relais neutre et polarisé représentés en 2′ et 1′. La dynamo F est excitée en dérivation.

La résistance de son induit est de 150 ohms et sa force électromotrice de 300 volts à une vitesse de 500 tours. L'enroulement dérivé est divisé aux points G et H en deux parties, dont la plus courte a 540 ohms de résistance et la plus longue 6,000 ohms, celle-ci pouvant être fermée sur elle-même, quand le transmetteur 2 est abaissé.

Il en résulte qu'en abaissant K^2 l'armature du transmetteur 2 est attirée et met en court circuit la dérivation entre G et H. Ceci produit naturellement une augmentation de courant dans le circuit excitateur, par suite de l'inertie du champ magnétique, et le courant diminue dans la ligne. C'est cette variation du courant direct qui fait fonctionner le relais neutre 2′, dont nous laisserons de côté pour le moment la description.

Le transmetteur 1 actionne un inverseur qui

envoie dans la ligne des courants alternatifs, lesquels font fonctionner le relais polarisé en 1'. L'inverseur est réglé de manière à conserver la continuité de la ligne avec de petites interruptions du côté de la dynamo.

Il est évident que le courant continu destiné à actionner le relais neutre est sans influence sur le relais polarisé, mais les courants inverses destinés à actionner ce dernier, affecteront le relais neutre à moins de prendre certaines précautions nécessaires. M. Field a surmonté cette difficulté d'une façon très simple.

La figure 17 représente une perspective du relais neutre. Rappelons, pour mieux comprendre son fonctionnement, que le passage de courants alternatifs ordinaires dans un relais neutre, maintient l'armature en vibration avec des interruptions de contact momentanées à chaque inversion.

Mais si le relais neutre est disposé comme sur la figure 17, le courant inverse est sans effet sur l'armature ; le résultat est obtenu en utilisant les courants induits provoqués par les inversions. Le noyau du relais est allongé et entouré d'une

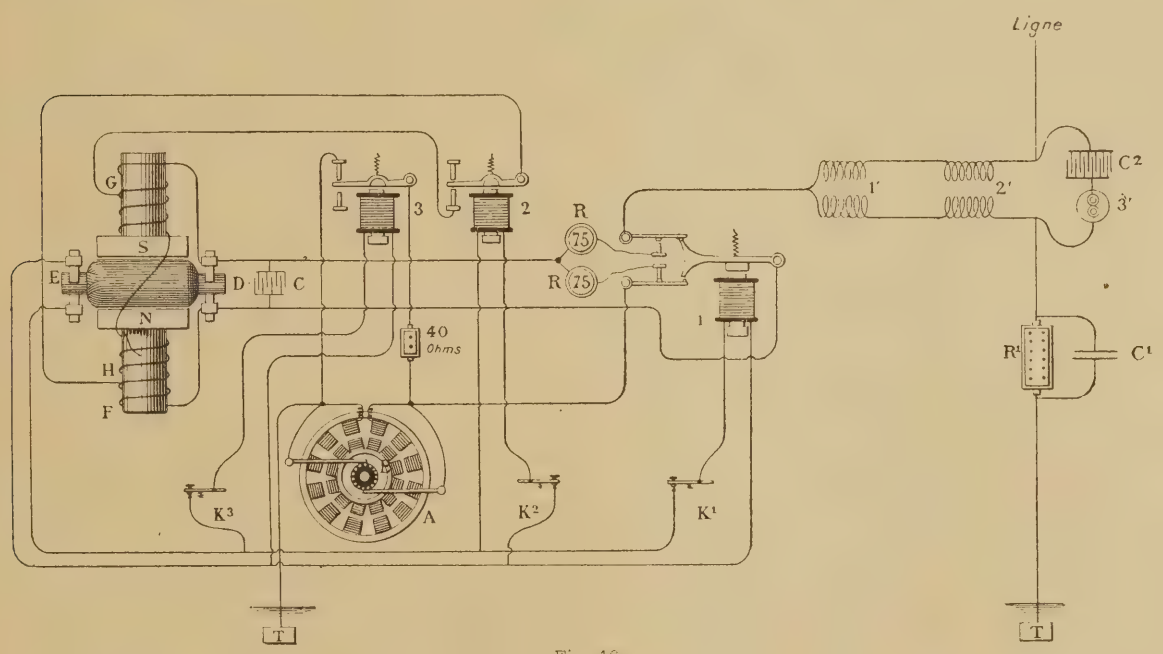


Fig. 16

bobine B. Cette dernière est reliée à une autre petite bobine C, qui entoure le noyau H, placé en face d'un petit cylindre en fer K, lequel agit comme une armature et est attaché au levier du relais.

L'inversion du courant dans la grande bobine du relais produit un changement de polarité dans le noyau qui a une tendance momentanée à repousser son armature. Mais, au moment où la polarité est renversée, un courant induit parcourt la bobine B en sens inverse.

En traversant C, ce courant induit tend toujours à donner au noyau H une aimantation contraire à celle du noyau principal et ayant, par conséquent, une influence contraire sur la petite armature K. Il en résulte, évidemment, que le levier soumis à deux influences contraires, reste en repos et qu'il insensible aux effets des courants inverses.

Nous arrivons maintenant à la troisième et dernière méthode employée pour la transmission et qui consiste à envoyer dans la ligne un courant ondulé rapide qui fait vibrer le diaphragme d'un téléphone.

Ce courant ondulé est fourni par la petite dynamo représentée en A. Il ressort de la disposition des circuits que le commutateur B met hors circuit les bobines du cercle extérieur des électros, excepté au moment du passage des deux pôles en face l'un de l'autre ; la résistance du circuit varie

*

ainsi constamment de 160 à 5 ohms et ces changements, dont la succession est très rapide, produisent un courant ondulé dans la ligne.

Ces courants chargent le condensateur C^2 à l'autre extrémité de la ligne et passent ensuite dans le récepteur ou relais vibratoire 3'.

Ce dernier est représenté en détail sur la fig. 18. Il se compose d'un aimant en fer à cheval M sur lequel sont montées les bobines F traversées par les courants vibratoires de la ligne. En face des pôles de l'aimant se trouve le diaphragme D, au centre duquel est fixée une tige en platine C.

Une autre tige B repose sur la première ; elle

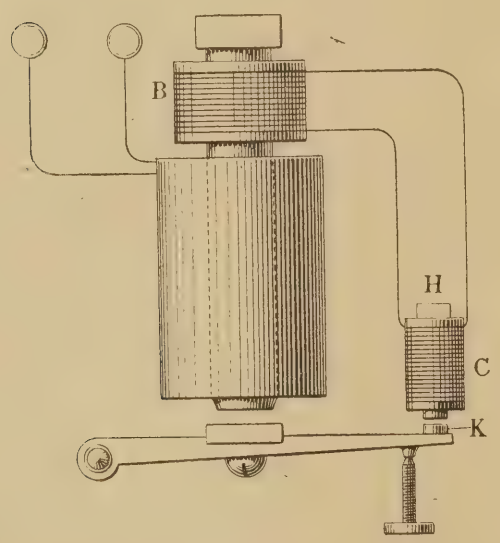


Fig. 17.

est attachée à l'extrémité d'un levier en circuit avec le diaphragme D et un parleur S.

La pile locale figure seulement pour plus de clarté, car en réalité le courant est entièrement fourni par la dynamo.

Quand on ouvre la clef K^3 (fig. 16), l'armature du transmetteur 3 appuie sur la butée supérieure et ferme un circuit comprenant une résistance de 40 ohms, de sorte que le courant du générateur vibratoire ne passe pas dans la ligne.

Mais quand on abaisse la clef, l'armature du transmetteur 3 est attirée, elle coupe la dérivation et laisse passer les courants vibratoires dans la ligne.

Arrivés au récepteur de la figure 18, ces courants agissent sur le diaphragme D et communiquent un mouvement très rapide aux tiges B et C. Ce mouvement est en réalité tellement rapide et la durée du contact des tiges est si courte que le circuit local est pratiquement ouvert et le parleur n'a pas le temps d'agir ; le circuit local reste ouvert tant que la clef K^3 est abaissée.

Les points et les traits de la clef sont par conséquent reçus sur le récepteur, comme une série de vibrations transformée de la manière décrite en points et en traits sur le parleur local S.

Les deux relais, aussi bien que le récepteur vi-

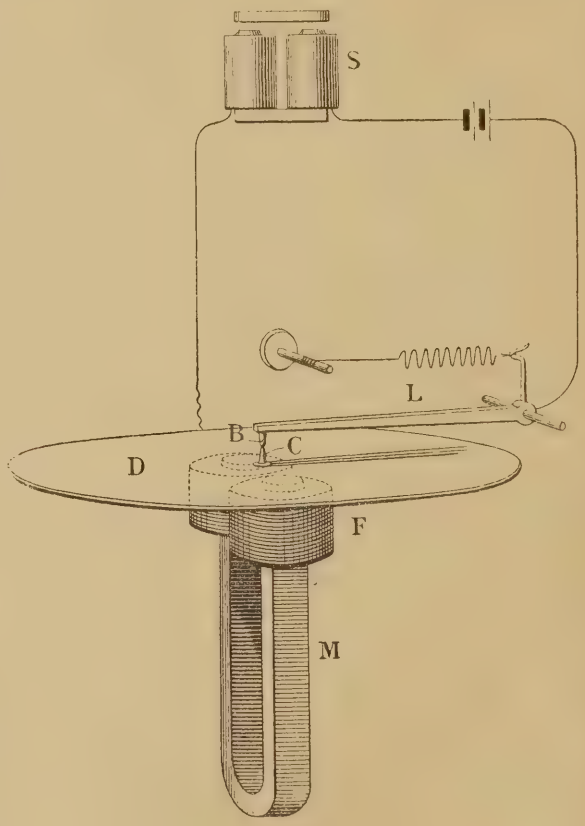


Fig. 18.

bratoire, sont à enroulements différentiels, comme pour le service duplex ordinaire.

L'action est très uniforme et le fonctionnement n'est pas affecté par les changements ordinaires dans l'état de la ligne ; au moment où nous avons examiné le système, une augmentation de capacité électrostatique de la ligne depuis quelques milles jusqu'à une longueur de 400 milles, n'a nécessité qu'un réglage insignifiant du récepteur vibratoire.

Jos. Wetzler

CORRESPONDANCE

Nous avons reçu cette semaine une seconde lettre de M. R. Arnoux, en réplique à la réponse de M. Ledeboer.

Ce dernier n'étant pas à Paris en ce moment, nous attendons son retour pour lui communiquer cette lettre, à laquelle notre collaborateur répondra, s'il le juge à propos.

Quant à nous, nous donnons acte à M. Arnoux de sa lettre, tout en faisant certaines réserves sur la forme qu'il lui plaît de donner à ses critiques, et dont nos lecteurs auront pu juger par la première lettre de ce correspondant acerbe.

Il s'agit ici d'une question délicate et intéressante; il serait pourtant à souhaiter que l'on pût insérer *in extenso* les remarques qu'elle suggère à ceux de nos lecteurs qui « savent », comme le dit M. Arnoux.

La Rédaction

FAITS DIVERS

L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1887 vient de paraître, outre les renseignements pratiques qu'il contient chaque année, il renferme des articles dus aux savants les plus illustres sur les Monnaies, la Statistique, la Géographie, la Minéralogie, etc., enfin une Notice de la plus haute importance, accompagnée de très curieuses photographies, dues à M. l'Amiral Mouchez : *La Photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la Carte du Ciel.*

Il vient de se fonder à Paris, sous le titre de *Société électrotechnique de France*, une nouvelle Société scientifique destinée à étudier les différentes applications électriques et à réunir les documents relatifs à l'histoire générale de l'électricité.

C'est le but que s'était proposé la Société internationale des Électriciens et dont, pour des raisons que nous n'avons pas besoin de rappeler, elle a complètement dévié.

Pour ne pas retomber dans les mêmes errements, les fondateurs de la nouvelle Société ont décidé que los membres seront seulement recrutés parmi les électriciens et que le nombre en sera limité à 100, dont 50 pour Paris, 20 pour les départements, 20 pour l'étranger et enfin 10 honoraires. Les membres n'ont aucune cotisation à verser.

M. Arnoult, de Tours, a inventé une cible qui indique à distance et automatiquement l'endroit que les balles atteignent

La cible est divisée en petites sections carrées qui forment les têtes d'autant de tiges à ressort dont les extrémités portent des rouleaux qui, en reculant, remontent un plan incliné. Lorsque maintenant une balle frappe une de ces divisions, celle-ci, refoulant la tige, recule le rouleau qui touche en passant un certain nombre de contacts électriques correspondant au chiffre que porte la division atteinte. Par suite de ce dispositif, la cible n'est reliée avec l'emplacement du tir que par un seul fil.

Le *Bulletin de la Société autrichienne des Ingénieurs et des Architectes* donne la description suivante d'un procédé de fabrication de fils d'acier tirés directement de l'acier en fusion, et que nous reproduisons sous toutes réserves.

L'appareil employé se compose d'un récipient en fer avec garniture inférieure réfractaire; à sa partie supérieure se trouve un trou d'homme, très solidement fermé par un autoclave. Dans le fond, faisant face à celui-ci, se trouve un manchon de sortie en fonte, traversé par un tube d'acier refroidi par un courant d'eau froide et dont le diamètre intérieur donne au fil les dimensions voulues.

Le bord intérieur de ce tube d'acier est garni d'une pierre réfractaire avec laquelle la coulée d'acier vient en contact. Le tube est bouché à son extrémité extérieure par un tampon en acier.

On remplit par le haut le récipient d'acier en fusion et d'acide carbonique liquide (?) et l'on ferme fortement.

Dès que l'on enlève le tampon, la pression due à l'acide carbonique liquide repousse l'acier en fusion à travers le tube d'acier, protégé à l'entrée par le rebord en pierre réfractaire, et développe ainsi, en dessous du récipient, un fil d'acier encore rouge.

On annonce de Saint-Pétersbourg que le prix du platine a subi une baisse considérable pendant le mois dernier. Ce métal, qui, au mois d'octobre, se vendait à 4,700 roubles par poud, ne coûte aujourd'hui que 3,000 roubles.

On recommence à parler des brevets dans les Pays-Bas, où ils ont été abolis en 1869, bien qu'il ne se soit trouvé alors dans la Chambre des députés qu'une très faible majorité pour décider cette mesure. On était mécontent de la loi existante, et au lieu de l'améliorer, on a préféré l'abroger. Depuis lors, il s'est élevé de temps en temps des voix, surtout parmi les ingénieurs, demandant que l'on revînt sur cette décision. Il paraît que le nombre des partisans des brevets a augmenté, car il vient de se fonder une Société des partisans d'une législation sur les brevets, pour les Pays-Bas.

La session d'hiver de la *Society of Telegraph Engineers and Electricians*, pour l'année 1887, a été ouverte, le 13 janvier dernier, par un discours du président de la Société, Sir Charles Bright, qui a fait un résumé des progrès accomplis en électricité pendant les cinquante dernières années. A la première réunion de la Société, en 1872, le nombre des membres n'était que de 110, tandis qu'il y en a aujourd'hui 1,343.

La Compagnie des constructions souterraines, à New-York, a décidé de prendre toutes les mesures pour la reprise du travail au mois de mars prochain.

Le système de traction électrique de M. Julien a de nouveau été essayé sur le chemin de fer aérien de la 8e avenue, à New-York, où il a donné des résultats très satisfaisants.

Le Dr Lugo, de New-York, vient de faire breveter une pile à courant constant, dans laquelle se trouvent trois liquides. Un vase extérieur contient du zinc plongé dans une dissolution alcaline; un vase poreux renferme une solution de chlorure de cuivre dans laquelle plonge le charbon. Celui-ci a la forme d'une coupe et renferme de l'acide chlorhydrique libre, qui dissout le cuivre déposé et l'empêche de se fixer sur le charbon. Une nouvelle provision de chlorure de cuivre prend naissance à chaque instant, et l'intensité de la pile reste constante.

Un incendie s'est déclaré, la semaine dernière, dans la maison habitée par M. A.-G. Bell, à Washington. On suppose que le feu a commencé dans le laboratoire du célèbre inventeur; la bibliothèque, contenant près de 5,000 volumes, a été presque totalement détruite. Les dégâts sont évalués à 250,000 francs, couverts par 125,000 francs d'assurances.

Éclairage Électrique

L'usine Pengeat, à Valentigny, vient d'être pourvue d'une installation de lumière électrique comprenant 800 lampes à incandescence du système Edison, alimentées par deux machines Thury.

Les actionnaires de la Société *Staedtische Elektrizitaetwerke*, à Berlin, réunis en assemblée générale extraordinaire, ont, décidé dernièrement, de demander à la municipalité deux nouvelles concessions pour l'établissement d'usines centrales d'électricité, dans la Dorotheenstadt et dans le vieux Berlin. Il a ensuite été décidé de porter le capital social de 3 millions à 6 1/2 millions de marks, à condition que les deux directeurs de la Compagnie allemande Edison, MM. Rathenan et von Miller, fassent partie du conseil d'administration de la Société.

Une assemblée générale de la Compagnie allemande Edison aura lieu le 10 février prochain, en vue de décider cette dernière mesure et aussi d'augmenter le capital social de 1 ou 2 millions, destinés à former la participation de la Compagnie dans la Société *Staedtische Elektricitaetwerke*.

Le Conseil municipal de Breslau a nommé une commission de 11 membres à l'effet d'examiner un projet d'installation d'une usine centrale d'électricité. La station centrale serait installée dans la cour d'une ancienne caserne, et l'éclairage électrique comprendrait les rues et places les plus importantes de la ville, ainsi que le théâtre municipal.

L'installation de l'usine centrale et municipale d'électricité à Lübeck, a été concédée à MM. S. Schuckert et Cie, de Nuremberg. Le nombre des lampes déjà commandées est de 2,000, tandis que le projet primitif était calculé pour 1,500 seulement.

Une Société anglaise vient d'acheter l'hôtel Zingg, à Hambourg, dans le but d'y installer une usine centrale d'électricité pour 1,000 lampes destinées à l'éclairage des rues avoisinantes.

Une Société anglaise se propose d'installer une usine centrale de lumière électrique pour l'éclairage de la gare et d'une partie de la ville d'Elmshorn, en Holstein. Une force hydraulique disponible actionnera un certain nombre de turbines.

Les essais comparatifs du gaz et de l'électricité se poursuivent toujours sur la Rambla, à Barcelone, bien que l'opinion des habitants soit unanimement en faveur de la lumière électrique. Plusieurs installations d'éclairage électrique domestique ont été faites dernièrement dans cette ville au moyen de piles secondaires.

Nous apprenons que la *Sociedad Espanola de Electricidad* a été chargée d'installer la lumière électrique dans la petite ville de *Talavera*, en Espagne. On se servira d'une force hydraulique, et les travaux vont être commencés prochainement.

La Compagnie Edison, de Boston, fondée, il y a quatre ans, dans le but d'entreprendre des installations domestiques de lumière électrique à incandescence, a fait des progrès immenses. La Compagnie fournit non seulement l'éclairage, mais aussi l'énergie pour des presses à imprimer, pour des ascenseurs, des ventilateurs, etc. Une nouvelle usine centrale va être construite, avec une capacité de 40,000 lampes. Les installations les plus importantes de la Compagnie ont été faites à l'hôtel *Adam house* (450 lampes), le *Bijow theatre* (700 lampes), les magasins de MM. Bigelow et Cie (190 lampes), etc.

La *Boston Electric Light C°* a fixé, à partir du 1er janvier, les prix suivants pour la lumière électrique :

Foyers à arc

Lampe à arc	Contrat de	Par jour et par lampe
1	12 mois	3 75 fr.
1	6 —	4 »
1	3 —	4 50
2	12 —	3 50
2	6 —	3 75
2	3 —	4 25
3 ou 4	12 —	3 25
3 ou 4	6 —	3 50
3 ou 4	3 —	4 00
5 à 9	12 —	3 00
5 à 9	6 —	3 25
5 à 9	3 —	3 75
10	12 —	2 50
10	6 —	2 75
10	3 —	3 25

Lampes à incandescence de 125 bougies

Contrat de	Par jour et par lampe
12 mois	2 50 fr.
6 —	2 75
3 —	3 00

Lampes de 60 bougies

Contrat de	Par jour et par lampe
12 mois	1 50 fr.
6 —	1 75
3 —	2 00

Télégraphie et Téléphonie

Nous avons le regret d'annoncer la mort de M. Édouard Blavier, inspecteur général des télégraphes, directeur de l'École supérieure de Télégraphie, décédé le samedi 15 janvier, à l'âge de 61 ans.

Dans le monde savant, et notamment parmi les électriciens, M. Blavier jouissait d'une très haute et très légitime réputation.

Outre son *Cours de Télégraphie*, qui fait autorité dans la question, il laisse de nombreux mémoires et articles insérés dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, ou dans les *Annales Télégraphiques*. C'est sous sa direction, d'ailleurs, que paraissait ce dernier recueil; depuis plus de quinze ans, M. Blavier présidait la Commission de perfectionnement attachée au Ministère des Postes et Télégraphes.

Les obsèques ont eu lieu, lundi dernier, à Passy, et l'inhumation sera faite à Nancy.

Les appareils de Hughes, à la Bourse de Paris, ont été pourvus d'appareils à air comprimé (système Papp), destinés à remonter automatiquement les poids de ces instruments.

Le Ministre des Postes et Télégraphes, en Allemagne, vient d'adresser une communication officielle au correspondant du *Times* à Berlin, pour le prier d'annoncer que plus de la moitié des dépêches commerciales passent sur les fils souterrains en Allemagne, et que la construction du réseau souterrain avait été déterminée plutôt par des considérations commerciales que militaires.

Lundi 17 janvier, le département des Postes et Télégraphes, en Angleterre, a annoncé que tous les dégâts causés aux fils télégraphiques par l'ouragan du 26 décembre avaient été réparés. Le service téléphonique, à Londres, est toujours désorganisé.

L'administration de la *Baltimore and Ohio Telegraph C°* vient de faire une nouvelle réduction de tarif sur une partie de son réseau.

Les lignes télégraphiques aériennes du monde entier comprennent, en chiffres ronds, un total de 900,000 kilomètres de lignes, avec 1,430,000 kilomètres de fils, ainsi répartis :

	Lignes	Fils
En Europe.....	500,000 kilom.	1,000,000 kilom.
En Amérique...	300,000 —	400,000 —
En Asie.....	50,000 —	70,000 —
En Afrique.....	30,000 —	40,000 —
En Australie ...	20,000 —	30,000 —
Soit.....	900,000 —	1,540,000 kilom.

Le fil employé pourrait faire 38 fois le tour de l'équateur, ou bien établir quatre lignes entre la terre et la lune. Les 900,000 kilomètres de lignes demandent environ 14 millions de poteaux.

Le Ministère du grand-duc de Hesse s'occupe de l'installation d'un réseau téléphonique qui comprendra tous les villages du pays. Chaque commune contribuera pour 50 marks, à moins qu'elle ne possède déjà une installation téléphonique.

La Direction des Postes et Télégraphes, à Kiel, vient d'annoncer à la Chambre de commerce de Flensbourg que l'administration était disposée à donner suite à la demande de cette dernière et à installer une communication téléphonique directe entre Flensbourg et Gluksbourg. La construction de la ligne commencera l'été prochain. La ligne téléphonique projetée entre Hambourg et Kiel pourra éventuellement être prolongée jusqu'à Flensbourg, pourvu que les souscriptions s'élèvent à 2,500 marks au moins pendant une durée de cinq ans.

Depuis le mois d'octobre dernier, la *Sociedad Espanola de Electricidad* a pris possession du réseau téléphonique de Barcelone, et l'on a immédiatement commencé l'installation d'un nouveau bureau central dans l'ancien palais des comtes de Centellas, dans la Calle de Gigantes. Le nouveau bureau pourra desservir 4,000 abonnés au besoin. Ainsi que nous l'avons déjà dit, la Société paye une redevance de 33 3/4 o/o sur les recettes au gouvernement.

Toute l'Europe sait que les religieux du Grand Saint-Bernard consacrent aux études scientifiques les heures que ne réclament pas leurs devoirs de sauveteurs. Plusieurs de ces héros de la charité sont des savants distingués figurant avec honneur dans les réunions des Académies, qui sont fières de les avoir dans leur sein. De ce nombre est M. le chanoine Bourgeois.

Or, depuis un an, grâce au concours des deux gouvernements italien et suisse, le télégraphe relie les deux versants et fonctionne régulièrement. M. le chanoine Bourgeois eut l'idée de se servir des fils télégraphiques pour établir une communication téléphonique entre l'Hospice et la Cantine de Proz, puis la bourgade de Saint Pierre du côté du Valais et du côté d'Italie, entre l'Hospice et la Cantine de Fontinte, d'abord, puis la bourgade de Saint-Chemy. Ce n'était pas chose facile, surtout sur ces hauteurs couvertes de neige, où la tourmente est presque en permanence.

Malgré tous les obstacles, l'installation a pu être terminée le 31 décembre dernier; à sept heures du soir, on en a fait l'inauguration avec un succès complet.

C'est la première fois en Europe que l'on correspond à l'aide du téléphone à une altitude pareille.

Mais on ne veut pas en rester là, et l'on cherche maintenant à établir la ligne téléphonique sur le versant italien. On s'est adressé, à cet effet, à M. le Ministre des travaux publics et à la Direction des télégraphes à Rome, et l'on en a eu des réponsee qui témoignent des plus bienveillantes dispositions. Il est probable que, grâce à cette installation, la Suisse et l'Italie seront bientôt en communications téléphoniques.

Nous avons appris que le réseau téléphonique de Gênes avait été assez éprouvé par les tourmentes de neige qui ont eu lieu en Italie au début de cette semaine. Il paraît que les lignes en bronze phosphoreux ont été complètement brisées; les lignes en acier ont, au contraire, assez bien résisté. Quant au fil de bronze siliceux, il n'a éprouvé aucun accident.

Les réparations des dégâts causés au réseau téléphonique de Londres par les tourmentes de neige récentes, vont entraîner une dépense de 125,000 francs pour l'*United Telephone Cie* de eette ville. Aucun des câbles de la Société n'a souffert et, le lendemain de l'ouragan, les bureaux centraux ont pu donner 12,000 communications.

Une maison de commerce de Londres vient de renoncer à l'emploi du téléphone, à cause des nombreuses interruptions qui se produisent sur les fils. La maison invite sa clientèle à lui adresser ses ordres par dépêche et à ses frais.

La *New-Telephone C^e^* vient d'établir une communication téléphonique directe entre Ramsgate et Margate, une distance de 6 milles 1/2. Il y a actuellement deux lignes appartenant à des particuliers et fonctionnant parfaitement bien.

On va inaugurer sous peu le premier réseau téléphonique africain, à San-Tomé, l'une des îles les plus riches du golfe de Guinée. Le bureau central reliera, à l'origine, 50 stations situées dans les différentes parties de l'île, célèbre par ses importantes cultures de cacao et de café.

Pendant l'année 1886, l'*American Bell Telephone C^e^* a fourni 42,306 appareil complets, tandis que 19,916 lui ont été retournés. Il y a donc eu une augmentation de 22,390 appareils.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 5 FÉVRIER 1887 N° 6

SOMMAIRE. — Sur une ascension aérostatique effectuée en vue d'étudier la distribution de l'électricité atmosphérique; P. Marcillac. — Sur les fantômes magnétiques; C. Decharme. — Les téléphones; G. Richard. — Batteur de mesure électrique; E. Dieudonné. — Recherches sur l'électrolyse; A. Minet. — Revue des travaux récents en électricité; Emploi du galvanomètre de torsion de Siemens pour la mesure des courants intenses, par W. Kolrausch. — Petit galvanomètre de poche à miroir de T. Edelmann. — Répartition d'une charge électrique dans les corps conducteurs, par A. Fœppl. — Détermination de la quantité v, par M.-H. Himstedt. — Rhéostat à ruban métallique, par Adolphe Grosse. — Photographies d'étincelles électriques, par A. Righi. — Emploi du microphone dans une expérience d'acoustique. — L'échauffement des électrodes dans l'air très raréfié, par A. Nacarri et G. Guglielmo. — Sur la durée des décharges ralenties, par P. Cardani. — De l'action des aimants et des agents thermiques dans l'hypnose histérique, par A. Righi et A. Tamburini. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre; J. Munro. — États-Unis; J. Wetzler. — Variétés : L'éclairage électrique au moyen des lampes à incandescence à faible résistance de M. Bernstein. — Bibliographie : Les téléphones usuels, par M. Ch. Mourlon; B. Marinovitch. Faits divers.

SUR UNE

ASCENSION AÉROSTATIQUE

effectuée (1)

EN VUE D'ÉTUDIER LA DISTRIBUTION

DE

L'ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

Avant de passer à la description même de l'ascension du 28 novembre, je ne crois pas inutile d'en résumer les causes et le but.

J'avais eu, dans une visite faite à M. Palmieri, directeur de l'Observatoire du Vésuve, l'occasion de discuter avec lui les points saillants de la question si vieille et si neuve à la fois, des origines de l'électricité atmosphérique et de sa répartition dans l'air.

Au point de vue des signes, M. Palmieri déclarait avoir reconnu dans des milliers d'expériences que : par un ciel clair, l'électricité est toujours positive et que, si par un ciel serein, on a des signes négatifs, il pleut, il neige ou il grêle surement à une certaine distance.

Au point de vue de la distribution, en comparant les relevés des observatoires du Vésuve (637 m.) de Capodimonte (149 m.) de l'Université de Naples (57 m.) du Petit Saint-Bernard (2157 m.) de Moncalieri (350 m.) le célèbre météorologiste trouvait que « dans toutes les journées calmes et sereines, les tensions notées dans les stations inférieures surpassent celles des stations les plus élevées (1) ».

Sir W. Thomson, par contre, dit (2) en parlant des signes : « On cite à peine quelques observations dans lesquelles l'air se soit montré négatif par un temps serein. Beccaria n'a constaté ce signe que 6 fois en 15 années. »

L'illustre électricien anglais ajoute : « Cette électricité négative pouvait être attribuée à des régions voisines où l'atmosphère était agitée. »

Quant à la distribution de l'électricité, sir W. Thomson estime que, pour élucider ce point obscur, de nombreuses observations en ballon deviendraient indispensables.

D'un autre coté, M. Mascart qui a analysé les

(1) Le 28 novembre 1886, à Marseille, par MM. Capazza et Marcillac.

(1) Voir *La Lumière Électrique*, 21 août 1886.

(2) *Reprint of papers*, p. 192.

résultats obtenus par Biot et Gay-Lussac dans une ascension en aérostat, paraît admettre une électrisation positive de l'air et une distribution croissant régulièrement avec l'altitude.

Enfin, M. Colladon de Genève me disait tout récemment que, d'accord sur certains points avec M. Palmieri, il était d'une opinion contraire à celle du savant italien en ce qui concerne la distribution de l'électricité dans l'air.

M. Colladon pense que les expériences de M. Palmieri, « quoique exactes, pouvaient n'être pas concluantes, étant exécutées sur les flancs du Vésuve ou les collines environnantes, dans un milieu atmosphérique dont l'état électrique doit être notablement influencé par les vapeurs qu'émettent les solfatares des environs et le cratère du volcan. »

J'avais personnellement émis cette opinion, dans le compte rendu de ma visite à l'Observatoire du Vésuve.

M. Colladon estime que ce n'est pas l'altitude du lieu qu'il faut considérer, mais la distance du collecteur au sol, l'épaisseur de la couche d'air entre l'un et l'autre, et il en concluait que les études sur la tension électrique de l'air en temps serein, ne doivent être entreprises qu'au moyen de cerfs-volants, ou mieux de ballons captifs ou d'ascensions aérostatiques.

Le célèbre professeur me dit à ce propos qu'une ascension préparée à Genève en août 1886, par M. Delatour, et devant fournir à MM. O. Pictet et G. Cellérier l'occasion de faire des études, avait manqué par la faute de l'aéronaute et qu'il en éprouvait de vifs regrets.

J'examinai très minutieusement toutes ces opinions, me demandant quelle était la meilleure, lorsque trois semaines après mon entrevue avec M. Colladon, assistant en curieux au deuxième départ du ballon le *Gabizos* qui venait d'effectuer une brillante traversée de Marseille en Corse, j'eus tout à coup l'idée d'aller voir en l'air, par moi-même, ce qui se produirait.

Tous les électriciens que j'ai cités étant d'accord sur l'importance des ascensions aérostatiques, le plus simple était de partir.

L'aéronaute, M. Capazza, se mit avec un empressement charmant à ma disposition. Il sacrifia sans hésiter des passagers qu'il devait emmener, pour tenter avec moi une ascension à grande hauteur.

Il fallait en quatre jours trouver tout ce qui était nécessaire et demander en hâte ses instructions à M. Colladon, qui me conseilla l'emploi du collecteur horizontal décrit plus loin. Son dernier avis reçu par dépêche m'engageait de plus à emporter un conducteur très long, suspendu verticalement à la nacelle.

A cause du dimanche, ne pouvant trouver (les magasins étant fermés), ni électroscope à pailles ou à balles, ni fil isolé suffisamment long, je brisai un galvanomètre à gros fil et j'obtins ainsi une vingtaine de mètres de conducteur que je lestai d'un cône en métal bien poli.

Ainsi qu'on le verra, le temps et les circonstances ne nous ont pas favorisés, mais cet essai m'a cependant permis de faire quelques observations qui pourront ne pas être inutiles.

De plus, il y a lieu d'espérer que parmi nos aéronautes il pourra s'en trouver d'aussi généreusement dévoués que M. Capazza, aux questions de science, et que cette tentative ne sera pas la dernière.

Comme le moindre fait, secondaire parfois à première vue, peut devenir important plus tard, chaque ascension pourra, si elle ne sert pas à résoudre le problème, apporter du moins un indice guidant vers la solution et à ce titre il faut souhaiter de les voir se multiplier.

28 novembre. — Le temps est beau ; pas un nuage à 11 h. du matin. La brise souffle de l'O. vers l'E. A 1 heure, le gonflement du *Gabizos* commence (900 m³.). Le vent porte de l'O. à l'E., d'après nos ballons pilotes, et de l'E. à l'O., à 800 mètres d'altitude, d'après les nuages.

Le soleil devient trop chaud, les nuages se multiplient : il y aura orage, au moins le lendemain.

Nous devons partir à 3 heures et demie et monter, s'il se peut, à 5 ou 6000 mètres. Nous emportons deux cages de pigeons voyageurs. Un colombophile nous dit qu'au delà de 600 mètres, ils se laissent tomber et ne peuvent voler. Le fait m'étonne ; d'ailleurs, nous verrons bien. Le gaz fait défaut. Nous partons à 4 heures 15 seulement. Toutes les photographies sont ratées, faute de lumière. Les lunettes de l'Observatoire sont prêtes à contrôler nos mouvements.

M. Capazza dirige la manœuvre. Il m'a promis de ne pas faire osciller la lame d'or de mon électroscope et il y est parvenu avec un succès complet.

J'ai une seconde de rapide émotion, en entendant la musique saluer notre départ d'un air que j'avais écouté jouer en Italie, en revenant de Rome, dans une buvette perdue en pleine maremme, par deux télégraphistes de chemin de fer (mes collègues par conséquent) qui charmaient leurs loisirs sur des mandolines, par une belle nuit d'été. Nous partons. Je me raidis de toutes mes forces pour ne pas faire varier d'une ligne la distance de mon œil à la feuille d'or et à l'échelle graduée qui est derrière.

Nous montons avec une régularité prodigieuse. On n'est jamais parti aussi bien, ont dit mille témoins. Capazza file son lest, on peut le dire, grain par grain. Je ne quitte pas l'appareil des yeux. J'approche à intervalles réguliers l'excitateur de mon collecteur horizontal, de la boule de l'électroscope. Je déroule mon collecteur vertical. En quelques secondes, nous sommes à 400 mètres. Un sac de lest... nous voilà à près de 600.

J'ai préparé, par avance, un journal divisé en colonnes, absolument conforme au tableau ci-après. Nous observions ainsi : Capazza manœuvrait et lisait le baromètre et le thermomètre ; j'inscrivais, puis j'approchais mon excitateur de l'électroscope ; je lisais la déviation que j'inscrivais aussi avec son signe, et enfin, d'un commun accord, nous inspections l'état du ciel là où nous étions, ce que je résumais dans la colonne 5.

Mon électroscope, fort sensible, m'avait, dès le début, indiqué comme limite minimum de rapprochement des pôles de la pile sèche, une distance de 15 millimètres. A distance moindre, le feuillet commençait ce mouvement continu de gauche à droite, qu'on a utilisé dans le jeu dit « danseur de corde électrique ».

Remarque intéressante : plus tard, quand nous avons plané sur mer et que la température s'est maintenue basse, la pile sèche a paru perdre de son énergie, puisque j'ai pu rapprocher les pôles jusqu'à 8 millimètres, avant de reproduire le mouvement pendulaire du feuillet. Après la descente, l'appareil placé dans la salle à manger très chaude de M. le marquis de Villeneuve, qui nous a offert la plus charmante hospitalité, avait récupéré toute son énergie et oscillait franchement à la distance primitive.

L'effet de la chaleur sur une pile sèche est bien connu, mais dans ces conditions spéciales, il me semble intéressant à noter.

A 500 mètres, les hourras nous arrivent *par cercles successifs*, si je puis m'exprimer ainsi. A mesure que nous montons, telle ou telle circonférence de villages nous aperçoit et nous jette de tous côtés ses acclamations.

Nous avons 13,5 degrés C. Tout va très bien. Capazza prépare son parachute-lest.

Deux mots en passant sur cet appareil. Munissez d'un parachute un sac de lest. Attachez-les à une corde de 200 mètres, enroulée sur un treuil placé sur le bord de la nacelle. Au moment propice, jetez ce lest d'un seul coup : Le ballon monte.

Le choc de la corde est amorti par le parachute qui se développe : 200 mètres sont gagnés en hauteur pour cet instant.

Le ballon se comporte alors de façons différentes : ou bien il va plus vite que son parachute et le précède ; ou il va moins vite et le suit ; ou bien il est frappé par un courant aérien inverse de celui qui entraîne le parachute-lest et il tourne sur lui-même.

Il ne reste plus qu'à opérer, à l'aide du treuil, un mouvement ascendant ou descendant du parachute suspendu dans l'espace, c'est-à-dire à haler dessus ou à filer de la corde, suivant les besoins.

Dans cette manœuvre, l'aérostat descend ou monte (sans qu'il y ait de jeu de soupape et par suite perte de gaz, ce qui est le grand point), jusqu'au moment où il rentre dans la couche mobile qui suit la direction désirée.

Dans l'ascension du 28 novembre, nous avons trouvé à des différences d'altitude de moins de 50 mètres, des courants opposés, tantôt obliques, tantôt parallèles, de telle sorte que, après être passés de terre en mer, puis du large au contact de la rive, ensuite du rivage vers la pleine eau (à 1,900 mètres de la côte, par 400 mètres d'altitude) et ainsi de suite pendant deux heures, nous sommes arrivés à plonger absolument dans une couche (très lente, il est vrai), qui coupait sous un angle de 40 degrés environ un courant chargé de nuées qui eut pu nous ramener de la batterie de Corbières vers la ville, mais qui pouvait aussi sur cette distance horizontale de 12 kilomètres, nous abandonner au-dessus des bassins nord comme au départ, ou nous drosser sur quelque cheminée d'usine.

Le lendemain 29, les fumées indiquaient encore par de grands S à larges boucles, les directions contraires des couches d'air au lieu de la descente ; et les temps, exceptionnellement bi-

zarres, survenus quelques heures après, justifiaient ou plutôt expliquaient tous ces renversements de signes électriques, de courants aériens, etc., et toutes ces courses à contre-bord de nuages, les uns transparents, les autres impénétrables aux lueurs les plus vives.

Seulement, on conçoit aisément que le jet subit du parachute-lest provoque un mouvement

Baromètre	Thermomètre centigrade	Déviations en millimètres vers le + ou le —	Valeurs en volts	Distance des plateaux en centimètres	État du ciel
600	13 5	+ 5	— 45	2	Libre
700	12	+ 5	— 100	3	Parachute-lest
1750	11	+ 2 5	— 50	3	Nuage léger (ouate), puis ascension rapide
2000	....	.....	.....	...	Cumulus épais au S. S. E. sur collines de Carpiagne, etc.
900	10	0 0	0	3	Nuage
1100	9	+ 1 5	— 14	2	—
1100	18	0 0	0	2	Hors nuage sur bassins Nord
1300	17 3	0 0	0	2	Libre
1100	16 2	— 5	+ 45	2	—
800	6	+ 8	— 16	1	Bord nuage sur mer
500	6	+ 8	— 16	1	Centre du nuage
200	6 5	+ 5	— 45	2	Dessous de la nuée
100	8	0 0	0	2	Sur avant-port N.
200	9	+ 2 5	— 23	2	Sur bassin d'Arenc
500	9	+ 2 5	— 23	2	4,53 sur le bord de la terre, puis sur la batterie de Pinède
700	8	+ 1 5	— 14	2	Sur mer : buée
700	7	+ 2 5	— 23	2	Plaine de nuages à l'O.
500	6	0 0	0	1	Pleine mer à gauche du Rio-Tinto en plein nuage
400	6	— 2 5	+ 5	1	Au bas du nuage

Lune.— Dernière lecture à la sortie dn nuage.— Cage se couvre de rosée; nous rentrons dans un nouveau nuage épais qui couvre le Rio-Tinto

N. B.— En employant une pile de 100 éléments Branly (zinc eau platine) pour laquelle il a trouvé : 1 élément Branly = 1,08 volt = sensiblement 1 volt, M. Macé de Lépinay a obtenu (en tenant compte de l'écartement des plateaux) les valeurs en volts qui figurent dans la colonne 4 du tableau ci-dessus.

sensible : les oscillations sont assez marquées pour qu'il soit utile de se prémunir contre un effet de bascule du corps et contre les secousses un peu sèches de la feuille d'or des électroscopes. Il est bon de se baisser à ce moment, si l'on est de taille un peu élevée, pour éviter une projection au dehors.

Ceci dit sur le parachute-lest, je reviens à nos expériences, dont le tableau fournit les chiffres et dont je développe intentionnellement les détails

pour qu'il soit possible de bien suivre la corrélation entre l'état du ciel aux points observés et les différences de potentiel de ces points.

A terre, brise molle, soufflant de l'Ouest vers l'Est. A 600 mètres, même direction : le ciel est pur, l'appareil fonctionne admirablement, avec une tendance à *coller*. Je règle les plateaux polaires avec un écartement plus grand.

Tout allant bien, je fais notre petit inventaire.

Les appareils emportés (fig. 3) comprennent : un baromètre, un thermomètre centigrade (plus un de rechange sur moi), un collecteur horizontal formé de trois tiges de bambou armées d'une pointe aigüe en cuivre; un collecteur vertical, c'est-à-dire un fil de cuivre bien isolé par de la soie imprégnée de bitume de Judée, et lesté d'un cône en bronze poli; enfin un électroscope de Bohnenberger, nouveau modèle. Le fil vertical pend à droite de la nacelle dans laquelle il pénètre par l'intermédiaire d'un câble (en cuivre, gutta et soie) qui prévient toute perte, tout contact; le collecteur horizontal est à gauche.

A sa pointe est fixé un câble souple que j'ai vérifié par avance, par crainte d'un défaut de construction. Le bout libre de ce câble aboutit à une boule de laiton bien polie, emmanchée d'une longue tige d'ébonite.

Sachant l'importance de bons contacts, je m'étais muni de papier émeri et je n'ai pas cessé de décaper minutieusement tous mes raccords de fils que des mains curieuses palpaient avec intérêt pendant les préparatifs.

Quant à l'électroscope, solidement entouré à ses extrémités par de larges rubans (voir la fig. 1) il était suspendu à la façon d'un pendule au point de croisement des cordes du cercle. Il suffisait ainsi de le maintenir d'une main, tandis que de l'autre il était facile d'approcher les excitateurs.

Encombrés de sacs de lest au fond de la nacelle, nous étions peut-être un peu trop *en l'air* et nos pieds glissaient sur ces sacs, ce qui m'a fait manquer une ou deux lectures.

Je signale ceci à ceux qui partiront après moi, pour qu'ils l'évitent.

Je dois à l'obligeance de M. Ducretet, le constructeur bien connu, les dessins relatifs au modèle d'électroscope qui m'avait été confié : je n'avais pas eu le temps de les relever sur les pièces. Je ne puis que me louer de la bonne grâce avec laquelle il a bien voulu me les faire tenir (voir fig. 1). Ils me permettent de décrire en quelques mots un appareil très délicat, très élégant et, je puis même dire, très solide.

Soit P, une pile sèche qu'on peut mettre à la terre par sa partie centrale. Cette pile est terminée en B B′ par deux boules auxquelles se rattachent deux minces lames de cuivre *r r′*, qui amènent le courant à des plateaux *p p′*, entre lesquels oscille une feuille d'or E fixée à une grosse boule de laiton soutenue par la cage en verre de l'appareil.

En arrière des pôles de la pile sèche horizontale, sont placées deux lames de cuivre verticales, montées sur un axe commun *b″*, qui permet de les rabattre à la fois sur les boules polaires et de mettre ainsi la pile en court circuit.

Cette addition très heureuse permet aussi, par un rapide tour de main, de décoller la feuille d'or sans la déchirer lorsque, par suite d'une influence électrique plus forte, elle s'applique contre un des plateaux. Dans ce cas, on n'a qu'à éloigner ceux-ci, (montés sur glissières) au moyen des tiges de rappel *b b′*. On sait l'ennui que donnent les électroscopes dont la feuille *colle*, et la difficulté de remplacer celle-ci, si elle se déchire ; or, en ballon, ce remplacement devient impraticable.

En arrière du feuillet, une plaque d'ivoire porte le signe + et le signe —.

Pour la circonstance, j'avais, sur le conseil de M. Macé de Lépinay, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, ajouté une échelle graduée pour lire les déviations de la feuille d'or, et collé une deuxième échelle le long des glissières, pour évaluer la distance entre les plateaux polaires.

A 700 mètres, la déviation très forte que j'observe me fait encore craindre un collage du feuillet. Je n'ai pas de rechange ; il faut cependant observer : advienne que pourra ! Je maintiens mon écart de 3 centimètres entre les plateaux; le ciel est toujours pur, la direction est bonne. Nous devons passer ainsi au-dessus du pic de Bretagne, qui a mille mètres et qui se montre au loin.

Il sera donc possible de vérifier la théorie de M. Colladon sur l'influence des reliefs du sol par rapport à l'électricité de l'air. Un premier pigeon est jeté et part très correctement. Le parachute-lest fonctionne et nous faisons un bond énorme. L'appareil danse trop, pour que j'observe.

Nous montons. A 850 mètres, la brise de terre nous prend. Nous montons très vite à force de lest. A 1700 mètres je puis reprendre les essais. Nous abordons, par dessous, un grand nuage;

non par son milieu, mais par ses franges, buées légères s'épaississant vers le noyau central. Nous le perçons obliquement ; je note colonne 5 : nuage de *ouate*. C'était comme un fin duvet d'eider, compact au milieu, mais vaporeux sur ses bords, au point de laisser apercevoir la ville comme un de ces jolis petits villages miniatures qui font la joie des babys.

Le palais de Longchamp sur lequel a été calqué celui du Trocadéro, semblait grand comme une patène d'argent. Il développait ses deux ailes blanches, les taches d'un pur émeraude de ses

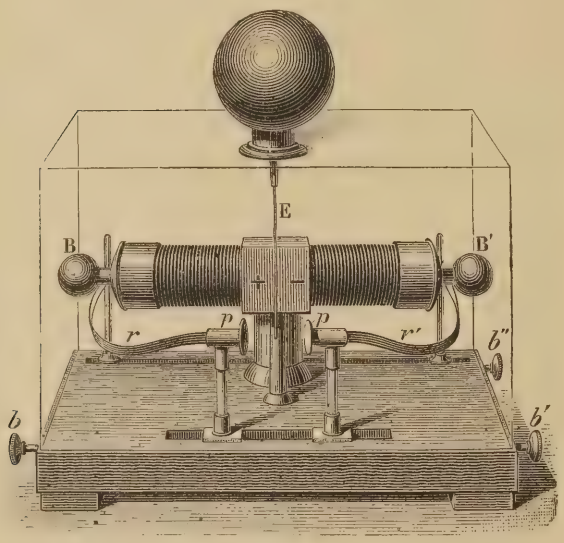


Fig. 1.

bassins et les broderies vert-noir de ses massifs, avec une netteté admirable.

Dans l'Ouest, la chapelle de Notre-Dame de la Garde semblait écrasée sur sa colline de 200 mètres, qui nous apparaissait comme un simple pli du sol.

Au-delà, la Méditerranée d'un beau bleu de France et vers laquelle nous allions ; enfin sur les montagnes de Carpiagne (650 mètres) au Sud-Est, des bancs de nuages montaient comme une sorte de brume d'hiver, sombres, et d'une teinte sale analogue à celle des nuées à grêle.

La feuille d'or va toujours vers le +, le thermomètre accuse 11 degrés encore. Nouveau jet de lest, nous atteignons 2 000 mètres ; mais il va falloir s'arrêter, nous allons vers la mer et la nuit monte.

En prenant pour direction générale la ligne S.-E, N.-O qui a été notre route (crochets à part) voici la situation alors : nous laissions à l'arrière à 7 500 mètres au S.-S.-E, des nuages élevés de 650 mètres (ces distances et hauteurs m'étant bien connues) ; à gauche, la mer. En avant, à l'O.-N.-O., à 11 000 mètres, des brumes épaisses, par 300 mètres environ de hauteur ; au-dessous de nous, à 1750 mètres, le nuage, venant du S., que j'ai déjà cité et que nous avons percé.

Nous baissons. A 900 mètres, n'obtenant rien, je rapproche mes plateaux d'un centimètre. Nous rentrons dans une nuée peu accentuée.

Fig. 2

En vingt minutes, nous sommes allés de A en B, de B en C (fig. 4), à des altitudes variant de 30 à 2000 mètres, puis de 2000 à 900.

Subitement, la brise nous manque. Du lest : nous remontons à 1,100 mètres ; nouvelles déviations de l'électroscope, mais qui me surprennent fort. Nous filons dans cette buée et en sortons par une longue oblique.

A ce moment, le thermomètre marque 18 degrés, la déviation est nulle ; plus de nuages au-dessus de nous, nous les dominons tous.

Je regarde deux fois le thermomètre ainsi que Capazza l'a fait, car, novice en aérostation, j'ignore que MM. Glaisher et Tissandier ont constaté des élévations de température identiques. Nous sommes sur les bassins N. des ports neufs.

Nous atteignons 1300 mètres avec 17,3 degrés,

pas de déviation. Nous revenons vers la rive, lentement, en baissant.

Capazza me communique ses réflexions : « Tomber ainsi, sur les bassins, et rentrer mouillés comme des caniches, c'est stupide ! » Je suis de cet avis et nous repartons.

A 1,100 mètres, nouvelle expérience, mais cette fois le feuillet va vers le signe —. Avec l'humidité nous baissons encore. Un bateau pilote nous suit à force de rames. Un remorqueur, tirant deux chalands en fer, marche à petite vapeur au-dessous de nous et semble nous attendre.

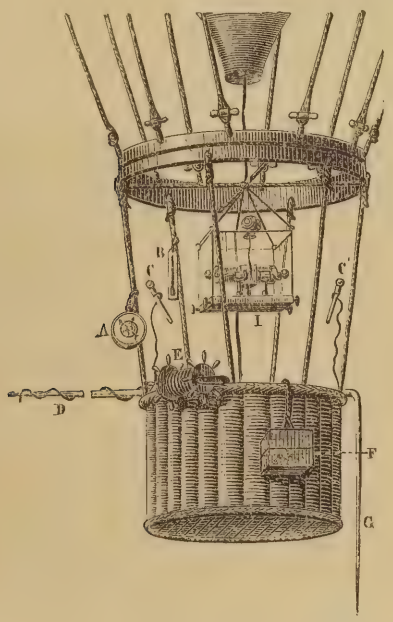


Fig. 3.

A, Baromètre anéroïde ; B, Thermomètre ; C et C', Excitateurs tenus à la main ; D, Collecteur horizontal (bambou triple) ; E, Treuil cylindrique pour remonter le parachute ; F, Cages à pigeons ; G, Collecteur vertical ; I, Électroscope Bohnenberger suspendu aux cordes du cercle.

A 800 mètres en hauteur, nous quittons la jetée : nous sommes en mer. Le thermomètre n'accuse plus que 6 degrés ; la nuit se fait.

Par 100 mètres, nous nous trouvons reportés sur l'avant-port N. ; puis par 200 mètres, sur le bassin d'Arenc ; enfin par 500 mètres, nous flottons au-dessus des formes de radoub.

Il est 4 heures 53. Les cheminées d'usine sont nombreuses, le terrain est mauvais : nous repartons encore.

Par 700 mètres, avec 8 degrés, et une déviation assez faible vers le signe +, nous nous retrouvons sur mer dans une sorte de buée claire et nous portons vers le N. O.

Nous ne marchons pas vite : Capazza pousse des appels stridents de la voix et du sifflet tout en déroulant un drapeau pour avertir le bateau-pilote que nous allons descendre ; mais la brise nous chasse, nous le laissons bien loin.

Par 500 mètres, nous apercevons devant nous, sur la droite, les feux électriques des usines de Rio-Tinto et, à gauche sur l'arrière, le phare de

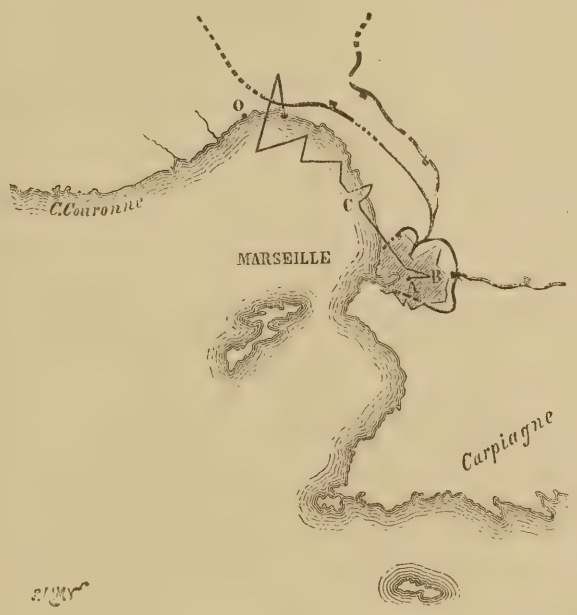


Fig. 4.

A, Place St-Michel ; B, Cimetière ; C, Avant-port ; O, Rio-Tinto

Planier. Les rues de la ville s'illuminent, mais nous voilà en plein nuage et le gaz devient trouble comme de la fumée : aussi la ville disparaît-elle à nos yeux.

J'observe avec beaucoup de peine. Mon feuillet reste immobile, le thermomètre accuse 6 degrés.

Par 400 mètres nous sortons au-dessous du nuage, je fais une dernière lecture : 6 degrés, faible déviation vers le signe —. La lune a permis cette observation finale, mais il devient impossible de rien voir ensuite.

Il est 5 heures 15. Nous sommes, dans ces derniers moments, revenus vers la terre. Le parachute-lest est dans l'eau et cependant la moitié de la corde est sur le treuil.

Nous avons donc été à moins de 100 mètres

des vagues. Capazza ne m'en a rien dit pour me laisser à mes observations : (le bruit des trains, les cris du rivage, les appels, tout nous arrive bien clairement. Puis il a jeté du lest, nous sommes remontés à 400 mètres, moment où il m'a dicté les données du baromètre, du thermomètre, et l'heure. Le vent nous mène au N.-N.-O.

Maintenant, il faut tâcher de rester en l'air, pour traverser le golfe.

Nous dominons les buées qui traînent sur mer et marchent au-dessous de nous, en sens contraire de notre mouvement. Au large, à gauche, le phare électrique de Planier nous envoie tour à tour ses éclats blancs et rouges qui passent sur la mer toute obscure, comme d'immenses aiguilles d'argent et de corail sur un gigantesque cadran de marbre noir.

Capazza, très soucieux de ma complète ignorance de la natation, m'avertit qu'un bain est imminent, et s'absorbe dans la manœuvre. Je range mes collecteurs dans la nacelle. Nous ne marchons plus.

N'ayant rien à faire, nous échangeons quelques mots et je lui offre fraternellement du chocolat qui constitue tout mon garde-manger : il refuse et me conte un incident du départ qui nous fait rire de bon cœur.

Notre quatrième pigeon est alors jeté. Il a refusé deux fois l'espace et cependant le précédent est bien parti à 1,100 mètres ; mais la nuit semble l'étourdir.

Enfin, jeté à pleines mains, il s'agite, tournoie, fait un tour d'aérostat et se lance franchement dans une direction opposée à la ville. Cependant il est rentré, peu après, à Marseille.

Je constate simplement, je n'explique pas.

La lune se dégage complètement. Sa partie cendrée est d'une pureté que je n'ai jamais vue de la terre. Elle éclaire une couche de cumulus qui marchent dans l'O., avec une sorte de rotation lente sur eux-mêmes, comme les volutes de fumée et de vapeur d'une locomotive de petite vitesse.

Le silence est imposant. Des nuages épais surviennent et nous masquent les feux si puissants de Planier, et ceux, très rapprochés, de l'usine de Rio-Tinto.

Au bout d'un instant nous baissons et, la nuée se dissipant, je remarque que nous fuyons, non plus sur Corbières, mais parallèlement à la côte du cap Couronne, c'est-à-dire en plein sud.

D'après la carte nous sommes à 1900 mètres du contact de la terre. Pas un navire au large, plus de lest, 2 ou 300 mètres d'altitude à peu près, et un seul nageur sur deux, voilà pour les ressources ! Nous restons immobiles, silencieux, mais puissamment élevés au-dessus de toute crainte par le spectacle plus qu'humain qui nous apparaît de tous côtés.

Tout d'un coup, nous tournons, je sens une sensation presque imperceptible de fraîcheur sur la nuque, puis nous revenons au rivage, sans un mouvement pour ne pas troubler notre équilibre, presque sans échanger une parole.

Nous y voilà, c'est la Terre.

Là-bas, voilà une gare ; nous passons peu à peu au-dessus de la voie ferrée : Il est 5 h. 55. Capazza se hisse dans le cercle auquel il amarre mon appareil, et fait jouer la soupape.

C'est la première fois que j'entends ce claquement bizarre, répercuté par l'aérostat sonore ; l'effet dans l'obscurité est puissant et curieux.

Les mains énervées par la manœuvre du treuil, je me repose un instant. Des coups de feu, tirés comme signaux, nous avertissent que l'on nous observe. De tous côtés, on court, on crie, on nous appelle. La brise nous reprend et nous rejette vers la mer ; il faut en finir.

Les parachutes sont hissés à bord, prêts à être lancés. La soupape joue coup sur coup. Nous tombons à toute vitesse. Nous devons être sur le tunnel de la Nerthe. Capazza modère la descente.

A ce moment, entendant un roulement, je l'avertis que c'est un train qui va sortir du tunnel, ce qui nous fournira un repère certain et nous dira où nous sommes. Il lâche la corde de soupape et se penche en m'avisant de me tenir prêt à tout évènement.

Une lueur vive sort au devant de nous : nous sommes dans la tranchée, le train 995 vient sur nous. Encore quelques secondes au plus et il va nous ramasser au passage.

— Lachez tout, me crie Capazza...

Je largue brusquement tout le parachute. Nous passons sur la queue du train dont les petits compartiments éclairés défilent sous nos yeux, puis le traînage commence. Nous exécutons un violent jeu de balançoire, heurtant, sans les voir, murs et arbres.

— Plus de lest ? me crie Capazza. — Non ! faut-il jeter l'appareil ?

Je cherche mon couteau, mais pendant que je

vais couper les rubans, mon compagnon qui s'est baissé, rencontre la seconde cage de pigeons. Il reste quatre malheureux volatiles. Contenant et contenu sont précipités à terre, sans plus de cérémonie. La corde de soupape est tirée sans repos, car la mer est là tout près. Les chocs sont d'une violence extrême; malgré moi mes doigts s'ouvrent par instants par suite de la fatigue. Tout à coup j'entends dire : « Nous y sommes ! » et je me trouve à moitié sur le dos.

Nous venons de rentrer dans les branches d'un grand pin maritime et nous glissons sur ses rameaux que notre poids écrase. Nous y voilà.

Il est 6 h. 10. Capazza, qui s'est multiplié, est à peu près asphyxié par le gaz qu'il a respiré en attachant mon appareil au cercle : les appareils sont saufs, le ballon aussi, et pour ma part j'ai la tête fortement injectée de sang. Je me promène à quatre pattes à la recherche de mes excitateurs et de mon pardessus, dans une obscurité profonde.

Nous croyant en détresse et peut-être même écrasés par le train 39 qui suit le précédent, des hommes d'équipe du chemin de fer nous cherchent et nous ayant trouvés, non sans peine, nous aident de leur mieux, ainsi que tous les habitants, hommes et femmes, des campagnes voisines.

Pendant qu'à la gare la plus proche, je transmets moi-même (amour-propre de télégraphiste) les dépêches annonçant notre arrivée, je saigne violemment du nez, ce qui me soulage aussitôt.

Je consigne ce détail pour mettre en garde contre ce fait : il y a tendance à la congestion dans ce genre de promenade et il est peut-être mauvais de se couvrir la tête d'une coiffure épaisse.

Pour me résumer, je dirai seulement que, dans cette ascension, j'ai écarté toute idée personnelle: je me suis appliqué seulement à noter ce qu'il m'a été donné de voir ou de ressentir. Je n'apprécie aucune de mes observations, je n'en discute aucune ; j'en affirme l'exactitude, voilà tout.

Les mesures de contrôle ont été faites, *en mon absence*, à la Faculté, avec l'appareil que j'avais emporté, sur les données de mon journal de bord.

J'ai multiplié les relèvements dans mon récit, pour permettre d'apprécier, autant que possible, l'influence des ondulations du sol, des positions respectives des nuages, de leurs distances, de leur nature, de leur altitude, sur nos collecteurs. Si j'ai pu le faire avec une certitude complète, c'est parce que j'ai parcouru en promeneur, en tous sens, pendant 10 ans, chaque point de notre itinéraire.

Il est extrêmement fâcheux que le départ se soit effectué trop tard, à pareille époque, et par un temps des plus étranges, que des raffales de neige, de pluie, de grêle, ont suivi, dans tous les cantons environnants, à 24 heures d'intervalle ; ce qui a dû nécessairement occasionner un bouleversement complet dans les observations.

Il est également regrettable que des nuages très bas nous aient caché la mer, sur laquelle la brise nous jetait en pleine nuit, sans qu'il nous restât un sac de lest. Par un temps clair, nous pouvions risquer un écart de quelques milles et être aperçus d'une barque, ou l'apercevoir nous-mêmes. Mais en novembre, la chose était difficile.

Il est plus fâcheux encore que nous n'ayons pu avoir une lampe de Davy pour continuer les lectures après le crépuscule, lors de notre abaissement progressif au dessus des flots et à travers les nuages, quand la rosée nous envahissait.

Alors que le collecteur vertical traînait, tantôt à quelques pieds des vagues, tantôt au dessus des nuages, tantôt au milieu de ceux-ci, nous avons certainement manqué d'intéressantes observations.

Je me permets d'ajouter que les appareils existants, si précis, si parfaits dans un cabinet de physique, sont beaucoup trop absorbants en ballon. Ils demandent trop de soins, trop de précautions, et la moindre avarie peut rendre le voyage inutile.

Il y a, de ce côté, des recherches à faire.

Je n'ose espérer qu'une aussi belle occasion se représente pour moi, car on trouve rarement des aéronautes qui sacrifient des passagers de rapport à une tentative scientifique. Aussi ne puis-je assez remercier de nouveau M. Capazza d'avoir mis son ballon à ma disposition.

Si, toutefois, il se trouvait un aéronaute qui voulût bien, à une époque plus propice, m'emmener avec quelques appareils, auxquels je travaille actuellement, je suis prêt à recommencer les essais, en suivant un programme longuement étudié d'avance par tous les électriciens que cette question intéresse et, j'ose le dire, avec d'autant plus de précision que je serai moins distrait,

maintenant, par les *étrangetés* de ce genre de voyage.

J'affirme, je le répète, l'exactitude des données portées sur le tableau ci-joint, mais j'avoue que la nouveauté et la grandeur du spectacle m'ont, à plusieurs reprises, plus profondément attiré, et séduit que les déviations de l'électroscope.

Je plaindrais sincèrement, d'ailleurs, ceux qui pourraient rester froids dans une telle situation et ceux qui, devant cette immensité de la mer zébrée de longs jets électriques, au-dessus de ces grandes houles de nuages baignés de la lueur douce, calme, bleuâtre d'un mince croissant lunaire, dans un silence tel qu'il n'en existe pas sur terre, flottant sans effort ni secousse dans l'espace, n'oublieraient pas tout ce qui tient à nos besoins intellectuels ou matériels, pour admirer sans réserve ces tableaux splendides que l'œil voit et admire, mais que la plume ne rendra jamais.

P. Marcillac

SUR LES

FANTOMES MAGNÉTIQUES [1]

IMFLUENCES DIVERSES SUR L'ÉTAT MAGNÉTIQUE DES AIMANTS ET, PAR SUITE, SUR LEURS FANTÔMES

Nous n'avons pas l'intention de passer en revue toutes les influences mécaniques, physiques, chimiques, capables de modifier l'état magnétique des corps ; nous ne nous occuperons que des principales, portant sur des expériences récentes, en nous arrêtant spécialement à celles qui entraînent des changements appréciables dans les fantômes magnétiques.

Influence des actions mécaniques. — L'état magnétique d'un aimant est loin d'être une qualité fixe, malgré la permanence apparente de ses propriétés attractives. C'est, au contraire, un état instable, une qualité variable, dans des limites même assez étendues, suivant une foule d'influences extérieures qui ont leur retentissement jusque dans les molécules de la matière constitutive de l'aimant.

On sait, depuis longtemps, que le fer s'aimante spontanément sous l'influence du magnétisme terrestre, et qu'il suffit de faire subir une action mécanique quelconque au fer pour fixer cette aimantation.

Mais les actions mécaniques seules, sans intervention du magnétisme terrestre, peuvent produire une aimantation du fer : Les *chocs* [1] plus ou moins violents, la *torsion*, la *détorsion*, la *flexion*, la *traction*, la *compression*, etc., amènent dans les dispositions moléculaires, et par suite dans l'état magnétique, des changements plus ou moins marqués, selon l'énergie de l'action mécanique.

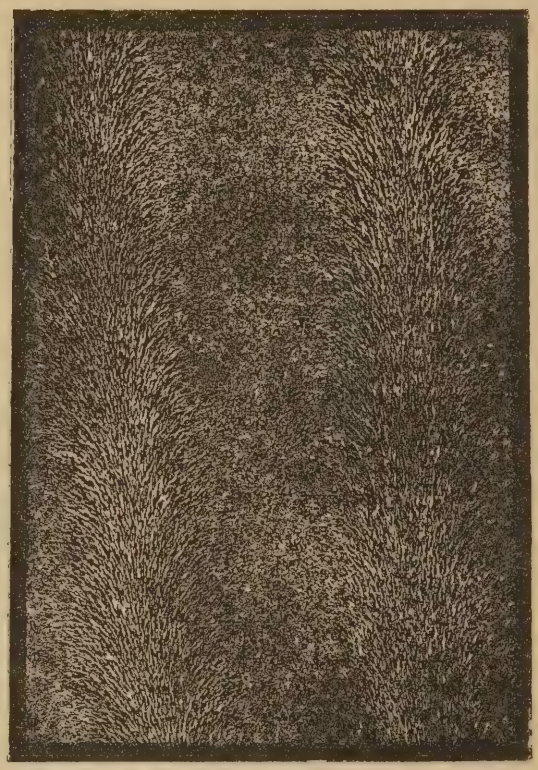


Fig. 1

On constate même que les *vibrations* des corps voisins [2], les *trépidations* du sol sont capables

(1) Voir *La Lumière Electrique,* numéros 23, 24, 25, 26, 27, 30, 32, 33, 37, 39, 43. 44, 50 et 51 (1886).

(1) *La Lumière Electrique,* t. I, p. 118. Mémoire de M. Trève.

(2) *La Lumière Électrique,* t. I, p. 119.

de modifier l'état magnétique des corps. Nous ne nous arrêterons pas au développement de ces effets bien connus.

Ce qu'on nomme le *pôle* d'un aimant n'est pas un point absolument fixe, car il se déplace en différentes circonstances par exemple en présence d'un morceau de fer ou d'un autre aimant. Ce n'est que quand la distance entre l'aimant et le

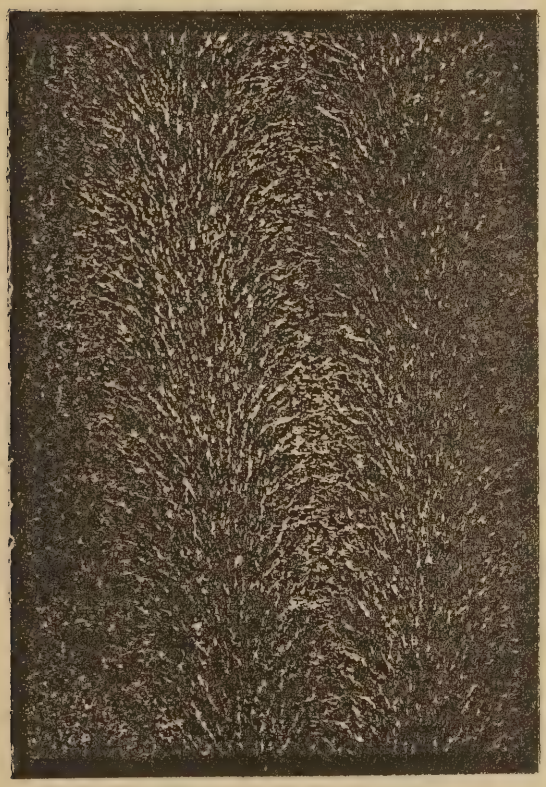


Fig. 2

point sur lequel il agit, est suffisamment grande, que la position du pôle cesse de varier malgré l'augmentation de la distance. C'est alors ce qu'on nomme un *pôle principal*. C'est ce que les fantômes magnétiques faits avec soin peuvent déceler.

Parmi les causes mécaniques qui peuvent influer sur le magnétisme, il en est une qui mérite d'être examinée dans ses conséquences, c'est le *mouvement de l'aimant inducteur*. Nous avons vu précédemment (*La Lumière Électrique*, du 4 décembre 1886, p. 437) qu'un aimant en mouvement rapide n'exerce sur une aiguille aimantée qu'une action à peine sensible, même à très faible distance.

Examinons l'effet du mouvement rapide d'un aimant sur la production du fantôme magnétique. Prenons une lame de verre saupoudrée de limaille de fer.

1° Supposons que l'aimant cylindrique, qui doit déterminer le fantôme, soit vertical et fixe sous la plaque de verre, nous aurons un fantôme formé de zones circulaires concentriques, peu étendues si l'on ne donne pas de choc à la plaque.

Fig. 3

2° Si, après avoir renouvelé la limaille sur la lame de verre, on imprime à l'aimant un *mouvement lent* en le faisant glisser au contact du verre, on aura un fantôme formé de lignes recourbées dans le sens du mouvement de l'inducteur (fig. 1).

3° Si l'aimant glisse très rapidement, il n'y aura pas de fantôme, ou à peine un léger déplacement irrégulier de limaille.

4° Si l'aimant était assez fort, dans le cas d'un mouvement lent, il entraînerait la limaille qui glisserait sur le verre (et non sur le papier) jusqu'à

l'extrémité ; si le mouvement est rapide, on obtient des traînées très accentuées (fig. 2) [1].

5° Si l'on emploie un aimant en fer à cheval, les effets sont représentés par les figures 3 et 4.

Influence de la chaleur. — De toutes les causes physiques capables de modifier l'état magnétique d'un corps, où la distribution du magnétisme dans un aimant, la plus puissante est sans contredit la chaleur.

Sous son action, le fer, l'acier, la fonte, le nickel, le cobalt éprouvent des modifications moléculaires qui altèrent leurs propriétés magnétiques, tantôt d'une façon passagère ou superficielle, tantôt d'une manière profonde et radicale.

Il a été reconnu, en effet, depuis longtemps (c'est à Gilbert qu'on doit cette observation importante) qu'un aimant perd son énergie magnétique à mesure qu'on élève sa température et qu'au rouge cerise clair, sa désaimantation est complète. Cette masse métallique ne donne pas de fantôme. Bien plus, elle est devenue insensible à l'action d'un aimant. Elle cesse d'être orientée, même lorsqu'elle est placée entre les deux pôles d'un puissant électro-aimant de Faraday.

Cette insensibilité a lieu pour le fer et l'acier, vers 850 degrés ; c'est à dire que toute aimantation n'est possible qu'au dessous de cette température [2].

Mais si le fer et l'acier cessent d'être magnétiques au rouge cerise et au-delà, en revanche, ils restent magnétiques aux températures les plus basses qu'on ait pu produire jusqu'ici.

Le nickel cesse d'être magnétique à 340 degrés ; le cobalt, au point de fusion du cuivre. Le chrome commence seulement à être magnétique au-dessous de — 20 degrés.

On voit par là que ce qu'on nomme *état magnétique* d'un corps, est chose bien relative ; il est compris entre des limites de température au-delà desquelles le corps reste insensible à l'action extérieure des aimants les plus énergiques.

Nous citerons ici quelques-unes des expériences les plus récentes qui touchent à la question qui nous occupe.

(1) Voir figures magnétiques, *La Lumière Électrique* 14 août 1886, p. 308.

(2) Pour donner à l'acier son maximum d'aimantation, il faut le porter à 800 degrés, avant de le tremper et le recuire à 450 degrés (rouge sombre).

Lorsqu'un barreau d'acier a été aimanté par un procédé quelconque, on peut le désaimanter en opérant en sens inverse, mais on ne lui enlèvera jamais tout son magnétisme. Les effets successifs se sont pour ainsi dire superposés, plus ou moins profondément, et le résultat final qu'on observe n'est que la différence ou la résultante des forces développées en sens contraires.

Si l'on soumet l'aimant à une chaleur allant jusqu'au rouge vif, on efface tous ses effets et l'on passe en quelque sorte l'éponge, (suivant l'expression de M. Bouty : *Conférence sur le magnétisme* 1874), sur l'histoire de ce barreau qui, à partir de là peut recommencer, à frais nouveaux, une histoire toute nouvelle.

Lorsque les variations de température d'un aimant ont été faibles et de peu de durée, la diminution de la force magnétique est très faible et peut même n'être que passagère pour revenir à son état initial après refroidissement.

Une autre observation, due à M. Barrett, a montré (*Philos. mag.* t. XLVI, p. 472) que, si on laisse refroidir, à partir du blanc, une tige de fer dur, il se produit, vers le rouge sombre, un dégagement spontané de chaleur que l'auteur nomme *récalescence* ; en même temps, les propriétés magnétiques changent brusquement [1].

Dans un travail important, relatif à l'influence de la température sur l'aimantation (V. *Journal de Physique*, octobre 1886, p. 437), M. Berson a déterminé *l'aimantation totale* que prend un métal magnétique introduit dans un même champ magnétique, à différentes températures, puis *l'aimantation permanente* ou *résiduelle* qui lui reste à la même température, dès que la force magnétisante a été supprimée. *L'aimantation temporaire* se déduit par différence.

Il résulte de diverses expériences de M. Berson qu'entre les limites 37 et 340 degrés, *l'aimantation totale du fer* est sensiblement indépendante de la température ; elle semble toutefois croître légèrement d'abord, et présenter un *maximum* vers 300 degrés.

Le nickel offre des variations beaucoup plus marquées que le fer :

1° Le moment magnétique total d'un barreau cylindrique de nickel va en croissant avec la

(1) *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences, octobre 1886, p. 743.

température jusqu'à environ 200 degrés, puis décroît constamment; à partir de 290 degrés la décroissance devient plus rapide, de telle sorte que le moment magnétique est nul pour une température inférieure à 340 degrés;

2° Le moment magnétique résiduel va constamment en décroissant, quand on chauffe de plus en plus, jusqu'à devenir nul à 330 degrés;

3° Le moment magnétique temporaire commence par croître pour présenter son maximum vers 250 ou 260 degrés et s'annuler ensuite.

Pour le cobalt, les trois moments magnétiques vont en croissant de la température ordinaire, jusqu'au delà de 320 degrés.

Les expériences suivantes montrent l'influence de la *retrempe :*

« Si un barreau d'acier a été trempé fortement et si, sans le recuire, on l'aimante avec une force magnétique donnée, à des températures croissantes, le moment magnétique résiduel va en augmentant jusqu'à 240 degrés au moins. »

En le retrempant aussitôt après l'aimantation à 240 degrés, il conserve un moment magnétique plus grand que celui qu'il prendrait à la température ordinaire, dans le même champ magnétique.

« Un barreau d'acier trempé au rouge et aimanté à froid a pris un moment magnétique égal à 25,40 : placé à chaud dans le même champ magnétique et retrempé en même temps, il possédait un moment magnétique presque double, égal à 49,45. »

Il faut dire que tous ces effets mesurés à l'aide d'instruments de mesure très précis, sont loin d'être observables par le moyen des fantômes magnétiques; nous les relatons comme intéressants et rentrant dans notre sujet, et pour montrer que la chaleur exerce une influence maîtresse sur l'état magnétique des corps.

Nous ne nous arrêterons pas à l'influence bien connue de la trempe sur la *force coercitive* de l'acier.

Influences diverses. — Nous avons dit précédemment comment variait le spectre magnétique d'un aimant ou électro-aimant avec l'énergie magnétique que l'on communique à celui-ci. Les lignes de force ne sont pas sensiblement changées dans leurs formes, à partir d'une certaine intensité du magnétisme ; elles sont seulement plus étendues, plus nettes, plus fermes, à mesure que cette intensité augmente. Les espaces polaires (vides) sont plus spacieux.

Nous avons dit aussi [1] ce que nous entendions

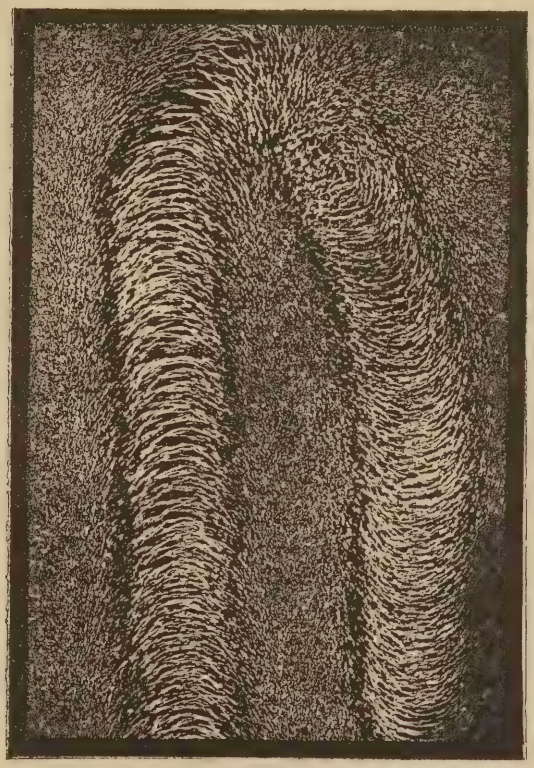


Fig. 4

par le nombre des lignes de force figuratives variables non pas tant avec l'intensité du magnétisme qu'avec le degré de finesse de la limaille de fer employée: limaille ordinaire, limaille fine, fer porphyrisé.

Nous avons parlé précédemment de l'influence des armatures sur les fantômes magnétiques, (Voir *La Lumière Électrique*, t. XX, p. 309) nous n'y reviendrons pas. Nous rappellerons seule-

[1] Voir *La Lumière Electrique* t. XX, p. 591, (26 juin 1886).

ment que le contact d'une armature avec un aimant, a pour effet d'accroître le magnétisme de celui-ci.

Lorsque l'aimant est en fer à cheval, et que l'armature, de même forme, est perpendiculaire à l'aimant, branche sur branche, l'armature, devenant un aimant, réagit à son tour sur l'aimant permanent et imprime aux molécules de celui-ci un mouvement de rotation qui les amène dans une position plus voisine de l'orientation magnétique qu'elles avaient auparavant. Il en résulte que, dans la partie de l'aimant comprise entre l'armature et le talon, il y a augmentation de magnétisme, et qu'au contraire, il y a diminution pour la partie comprise entre la ligne de contact et les extrémités polaires [1].

Ces résultats ne peuvent être reconnus que difficilement à l'aide des fantômes magnétiques; mais le galvanomètre les signale d'une manière non équivoque, ainsi que la méthode d'arrachement du clou d'épreuve (méthode Jamin).

Le même Mémoire contient (p. 312) un procédé de désaimantation remarquable, qui consiste à promener sur l'aimant une barre de fer doux, depuis les pôles jusqu'au talon. Il faut dire toutefois que, par ce procédé, on ne peut jamais désaimanter complètement. En opérant en sens inverse, c'est-à-dire en faisant marcher l'armature du talon vers les pôles, on accroît le magnétisme de l'aimant.

Notre intention était de rechercher l'influence de la *forme des noyaux* dans les bobines électromagnétiques, relativement à l'attraction produite par un solénoïde formé d'une longueur de fil donnée. Mais la question des *noyaux* a été traitée récemment par M. Brüger [2].

En électricité statique, lorsqu'on approche d'un corps électrisé un autre corps à l'état neutre, celui-ci subit l'influence du premier; mais la distribution de l'électricité est modifiée de telle sorte que, sur chacun des deux corps, les parties en regard contiennent des électricités de sens contraires. Si l'on éloigne les deux corps l'un de l'autre, la distribution initiale se rétablit sur le premier corps, tandis que le second reprend son état neutre, ou peu s'en faut.

Pour le magnétisme, il se passe quelque chose d'analogue: lorsqu'on approche d'un barreau aimanté un morceau de fer doux (à l'état neutre), celui-ci subit l'influence de l'aimant et l'on peut constater que la distribution du magnétisme a changé par la seule présence d'un corps magnétique dans le champ de l'aimant. Si l'on vient à éloigner les deux corps l'un de l'autre, la distribution initiale du magnétisme se rétablit dans le premier, tandis que le second revient à l'état neutre, ou à peu près.

Les effets seraient encore plus marqués si, au lieu de fer doux, on employait un deuxième aimant, en opposant ses pôles à ceux de noms contraires du premier; ainsi, la présence d'un aimant, ou d'un électro-aimant, ou d'un courant électrique, ou simplement d'un morceau de fer doux, dans le champ magnétique d'un aimant, suffit pour modifier, au moins d'une façon passagère, sinon permanente, l'état magnétique d'un aimant. On le constate par le déplacement des pôles et de la ligne neutre, d'après la forme plus ou moins modifiée des fantômes magnétiques correspondants.

Deux mots encore sur l'influence de *la distance* :

Jusqu'où s'étendent les lignes de force d'un aimant ou d'un électro-aimant? Théoriquement, leur champ doit s'étendre à l'infini, comme le pensait Faraday. Pratiquement, cette étendue est nécessairement très limitée. Elle dépendra, d'ailleurs, du degré de sensibilité du moyen employé pour constater ses limites, et de l'énergie de la source magnétique.

Les puissantes machines dynamo-électriques employées par M. Marcel Deprez, dans ses belles expériences de Creil-Paris, avaient un champ magnétique si étendu et si intense, que les pièces d'acier des montres des visiteurs qui s'approchaient des machines à la distance de plusieurs mètres, se trouvaient aimantées, c'est-à-dire que les montres étaient dans l'impossibilité de marcher ou de fonctionner régulièrement. Aussi M. Marcel Deprez avait-il la précaution de prier ses visiteurs de laisser leurs montres dans les appartements éloigné des machines.

Influence des actions chimiques. — On sait que la présence de quelques centièmes de carbone dans le fer, donne l'acier qui, sous le rapport magnétique, diffère beaucoup du fer pur, en ce

(1) Voir *Annales de chimie et de physique.* 5e série, t. VIII, p. 300. Mémoire de M. Gaugain sur le magnétisme.

(2) Voir *La Lumière Electrique*, 1886, t. XXI, p. 77 et 126.

sens que, s'il est plus difficile à aimanter, il a, par contre, la propriété de conserver, au moins en grande partie, le magnétisme qu'on lui a communiqué. L'introduction de 15 o/o de *manganèse* dans l'acier a pour effet de rendre celui-ci *inaimantable*. Il devient d'une indifférence magnétique véritablement remarquable. MM. Moser, Eudon et fils fabriquent actuellement à Scheffield cet alliage. Chose singulière, par le recuit ou par le travail au tour, il cesse d'être réfractaire au magnétisme.

La fonte s'aimante assez facilement, même après avoir été trempée, mais ne conserve pas autant de magnétisme résiduel que l'acier ordinaire, quoiqu'elle renferme plus de carbone que celui-ci.

D'autre part, M. Osmond, dans ses recherches relatives à l'influence du carbone dans le fer et l'acier, depuis 0,16 o/o jusqu'à 1,25 o/o, sur le phénomène de transformation moléculaire et sur un dégagement de chaleur latente par refroidissement, (phénomène que M. Barrett qui l'a découvert, a nommé récalescence [1], a reconnu que « lorsque la teneur en carbone augmente, la température de récalescence s'élève, de façon que toutes deux arrivent à coïncider dans l'acier dur.

« Les *points critiques* s'abaissent un peu quand on élève (entre 736 et 840 degrés) la température initiale à partir de laquelle on abandonne l'acier au refroidissement. Pendant le recuit, après trempe, la chaleur latente de transformation se dégage progressivement. »

Citons encore les résultats obtenus par M. Hughes sur la *neutralité du magnétisme*. « Toutes les variétés de fer et d'acier présentent une capacité magnétique [2] considérable ausssi longtemps que le métal est soumis à une influence inductive. Celle-ci vient-elle à disparaître, on constate une diminution notable dans la capacité, diminution variable avec les échantillons. Le *magnétisme rémanent est le résultat d'une neutralité partielle et les aimants soi-disant permanents sont, pour la plupart, à moitié revenus à l'état neutre* [3]. »

(1) *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences, oct. 1886.

(2) M. Hughes entend par capacité magnétique la force avec laquelle le corps agit sur un aimant déterminé ; il en apprécie la grandeur à l'aide de sa balance magnétique.

(3) *La Lumière Électrique*, t. XVI, p. 288.

Tous ces résultats dénotent, dans le fer et l'acier, des changements profonds qui entraînent des modifications notables dans les propriétés magnétiques de ces métaux.

C. Decharme

LES TÉLÉPHONES

Nos lecteurs connaissent déjà le principe du

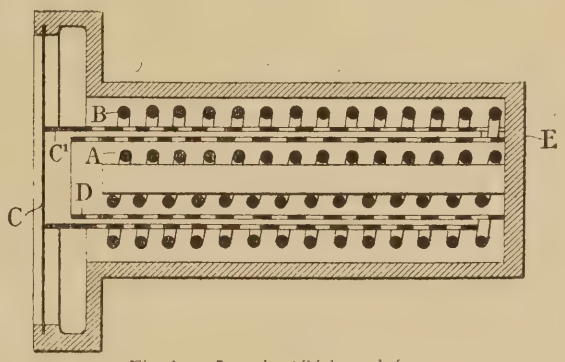
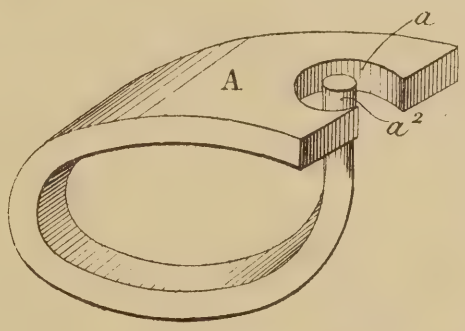


Fig. 1. — Lorrain, téléphone à écran



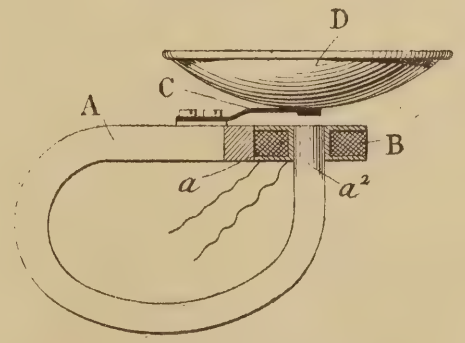


Fig. 2 et 3. — Thompson et Jolin

téléphone à écran de M. *James Lorrain* [1] : la

(1) *La Lumière Électrique*, 22 janvier 1887, p. 183.

figure 1 en représente une application sous une forme très pratique. On reconnaît en A le circuit primaire relié à la pile locale, en B le circuit secondaire relié à la ligne. Les variations de l'in-

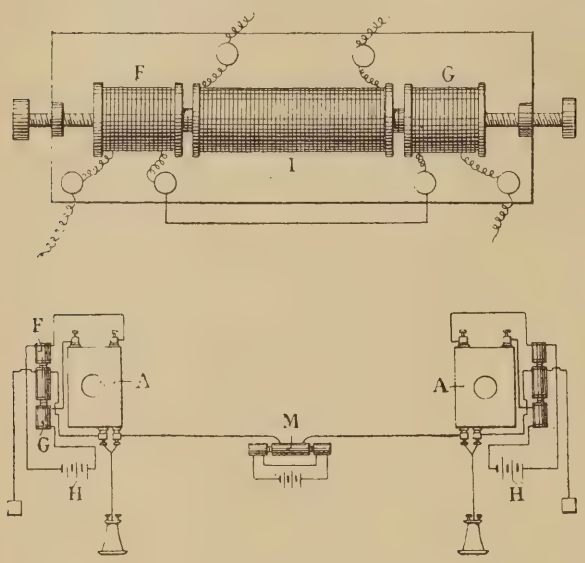


Fig. 4 et 5. — Lockwood

duction de A sur B sont déterminées par les vibrations du tube-écran C_1, percé de trous et relié à la membrane C, dont il suit les mouvements devant l'écran D, fixé sur l'enveloppe E du téléphone. Le

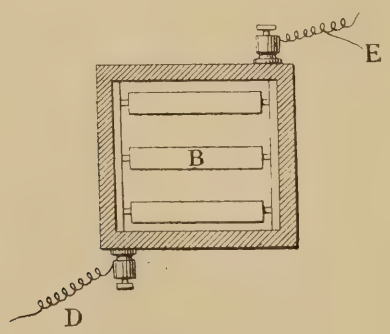


Fig. 6. — Lockwood

circuit A est relié à une pile locale ou à la ligne, suivant que l'on emploie l'appareil comme émitteur ou comme récepteur.

Le nouveau téléphone de MM. *Thompson* et *Jolin*, analogue à ceux que nous avons décrits dans notre numéro du 5 septembre 1885 [1] est remarquable par la simplicité et la légèreté de sa construction. La bobine B est, comme on le voit par les fig. 2 et 3, enroulée sur l'un des pôles a^2 d'un aimant d'acier A, à l'intérieur de l'autre pôle a, sur

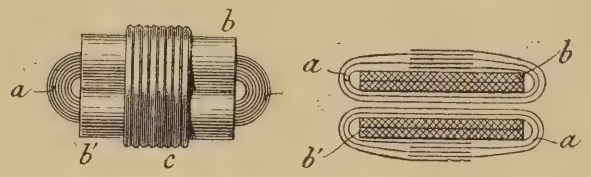


Fig. 7 et 8.

lequel est fixé un ressort C, dont l'extrémité vibre au-dessus du pôle a^2 lorsqu'on parle devant la coupe d'ébonite D, moins légère et moins vive aux impulsions de la voix que les membranes.

Dans le système de M. *Lockwood*, les téléphones transmetteurs A sont reliés par D E (fig. 6) au circuit d'une pile locale H et de deux bobines

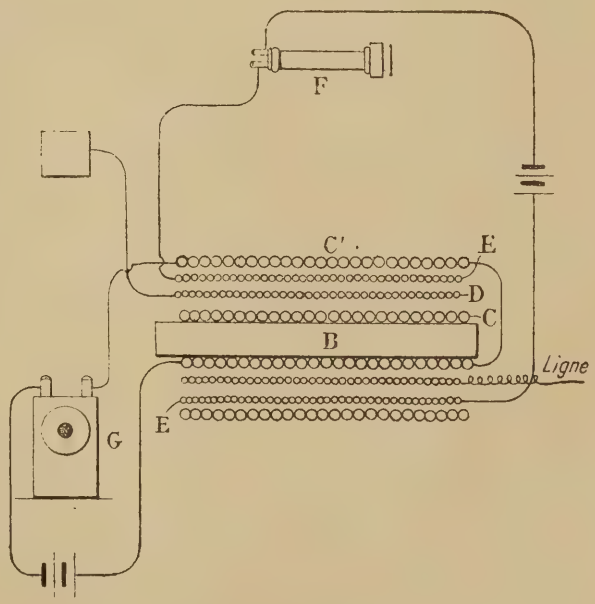


Fig. 9. — Hamlin

primaires F G (fig. 4 et 5) qui induisent dans la bobine secondaire I des courants fonction des vibrations de la membrane et des contacts B du téléphone.

La figure 5 indique comment on peut disposer les renforceurs de M. *Lockwood* sur la ligne (en M par exemple) comme des relais, lorsqu'on veut parler à de très longues distances.

(1) *La Lumière Électrique*, p. 451.

Les transformateurs de MM. *de Ferranti* et *Adenbrooke* sont constitués (fig. 7 et 8) par l'enroulement superposé à l'intérieur d'un double anneau en lames de fer *a* des bobines inductrices *b* et induites *b'*, reliées respectivement, *b* à la pile locale et au transmetteur et *b'* à la ligne. Les anneaux *a*, constitués par des lames de fer isolées les unes des autres, formant chacune un circuit

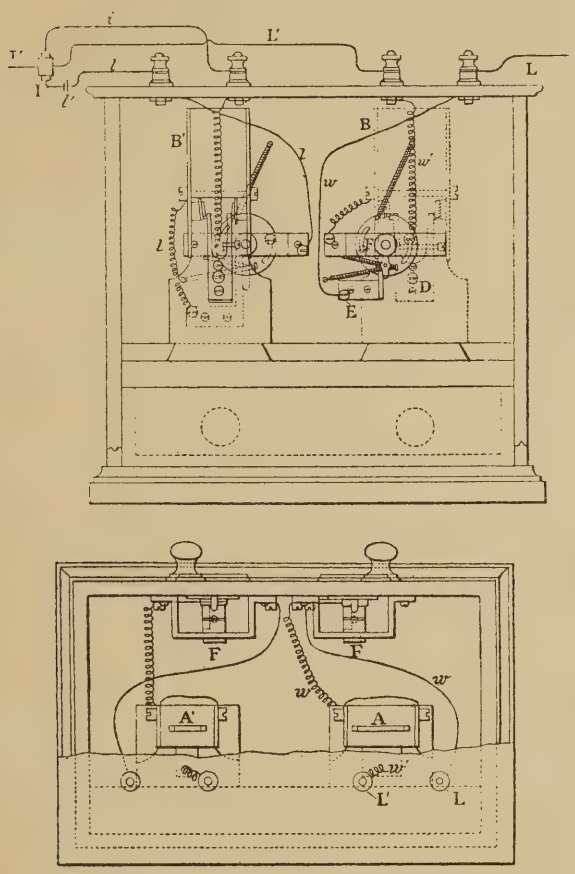


Fig. 10 et 11. — Smith et Sinclair. Controleur.

magnétique fermé, donne, à volume égal, des courants d'induction plus puissants que ceux des appareils ordinaires formés par l'enroulement des fils primaires et secondaires autour d'un barreau droit en fer doux. Les lames qui constituent l'anneau, au nombre de six, peuvent avoir 100 millimètres de long sur 30 millimètres de large; la bobine primaire aura 10 mètres de fil de cuivre n° 20, et la bobine secondaire 300 mètres de fil n° 36, également isolés par de la soie. Le tout est serré en un faisceau par l'enroulement extérieur *c*.

L'appareil de M. *E. B. Hamlin*, de Chicago, sert à la fois d'amplificateur et de compensateur

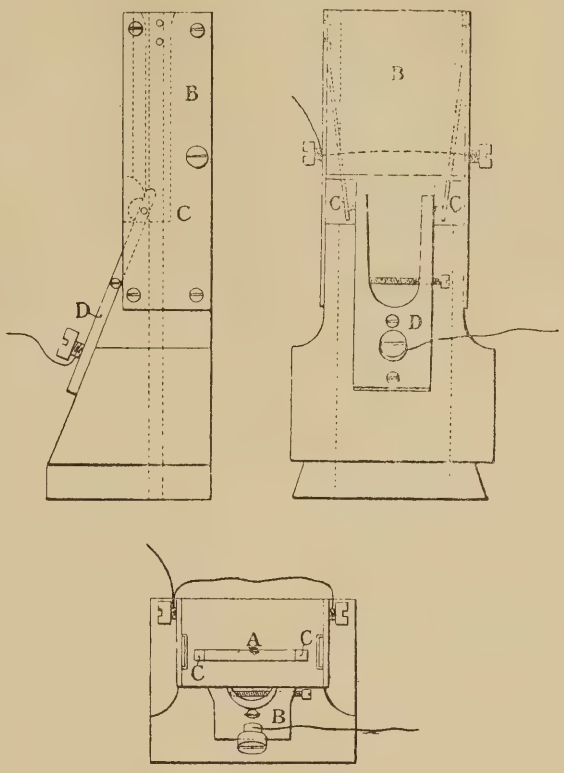


Fig. 12, 13 et 14. — Smith et Sinclair, détail d'une trémie

atténuant les effets d'induction parasites. Le noyau de fer doux B est (fig. 9) entouré d'abord d'un

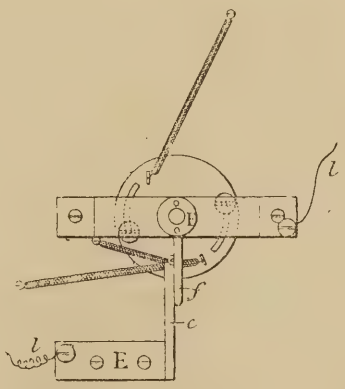


Fig. 15.

gros fil C, puis d'un fil primaire fin D, relié à la ligne, et du fil secondaire E, de même résistance que D, relié au récepteur F et enveloppé par le

prolongement C′ du gros fil C, dont les extrémités sont reliées au transmetteur G et à la pile locale.

Le courant du fil primaire C induit dans D et dans la ligne un courant dont le retour excite en E un courant secondaire local, amplifié sur le récepteur F par le passage du courant de la pile H, dans le prolongement du gros fil C. Toutes les bobines sont, à cet effet, enroulées dans le même sens.

CONTRÔLEURS

Le contrôleur de MM. *Smith* et *Sinclair* est à deux compartiments, A et A′ (fig. 10 et 11), l'un permettant d'appeler les abonnés du réseau, l'autre ceux d'un réseau voisin; chacun d'eux fonctionne, parce que le passage d'une pièce de monnaie ou d'un jeton de forme convenable dans l'une des trémies B ou B′ (fig. 12, 13 et 14), écarte les contacts à ressorts C de la pièce D, et fait partir une sonnerie ou un signal au poste central.

Le fil de ligne L aboutit, par le fil W^2, aux contacts de la première trémie B, d'où il passe, par D *w′* L′, à la sonnerie d'appel. La seconde trémie B′ est reliée de même à la bobine d'induction I du circuit par des fils *l i*, à pile locale *l′*. Le bureau central appelé ne met son client en communication que s'il est averti, par la sonnerie du contrôleur, qu'il a opéré le versement voulu en B ou en B′, suivant le cas.

Afin de permettre aux abonnés de correspondre sans payer, on leur donne une clef au moyen de laquelle ils peuvent, en faisant tourner le balancier F, rompre le contact *f e* (fig. 15) du circuit téléphonique *l* E *l*, et donner ainsi, sans l'intermédiaire des trémies, le signal convenu au poste central [1].

Le *distributeur* de M. *Stephen* a, comme nous le savons [2], pour objet de desservir plusieurs téléphones par une seule ligne. Son principal organe est un électro-aimant C (fig. 16 à 20), relié à la ligne, et qui vient, en oscillant autour de l'axe *y*, s'appliquer sur l'une ou l'autre des branches de l'aimant D, suivant le sens du courant qui la traverse. Le bouton K sert à appeler le bureau central, et le relai I à fermer le circuit de la sonnerie locale. Un second pendule L déclanche, lorsqu'il oscille sous l'action de courants synchrones à sa période, les cliquets F F′ qui lachent le commutateur H.

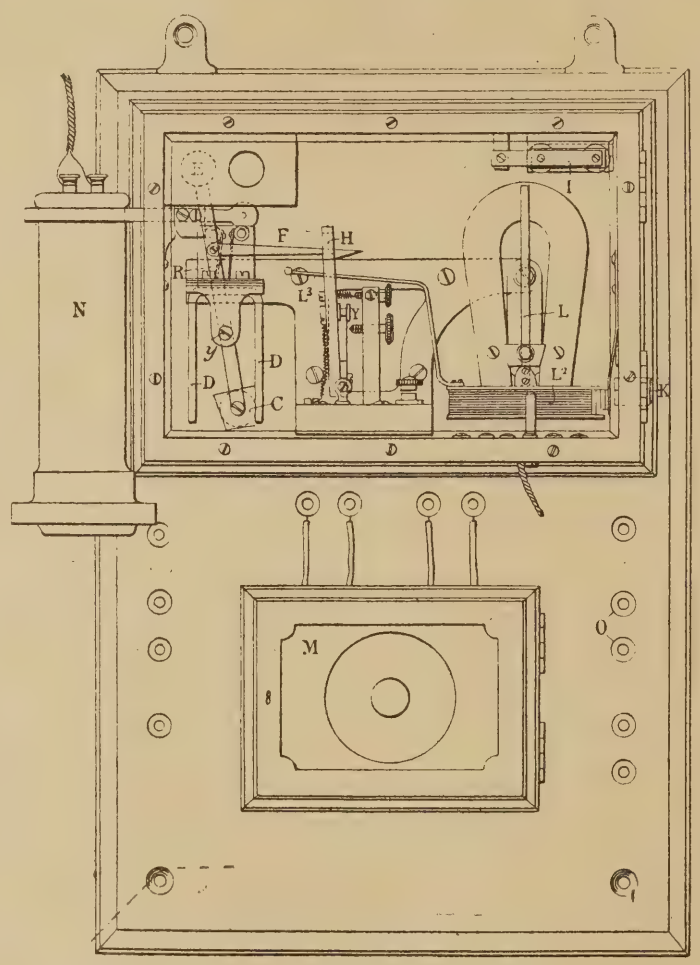


Fig. 16. — Stephen, distributeur

L'intensité des courants qui traversent la bobine L_2, reliée à la ligne, peut être réglée au moyen de résistances O, qui assurent le fonctionnement régulier du pendule L, indépendamment des variations de la ligne. En temps normal, lorsque la

(1) Contrôleurs de Mann, Poole, et Mac-Iver, *La Lumière Electrique*, 30 janvier 1886, p. 496, *Edmunds et Howard*, 25 septembre 1886, p. 580.

(2) Voir *La Lumière Electrique*, 28 août 1886, p. 416.

ligne est libre, les mécanismes du distributeur occupent les positions indiquées sur les figures 16 et 17.

Le pendule C, attiré sur la branche droite de D, fait contact avec le ressort R, de sorte que le courant du poste central arrive par le fil de ligne P, passe par C' R, le bouton K, U et W, au crochet du récepteur N, puis, par X, au contact H Y, à la

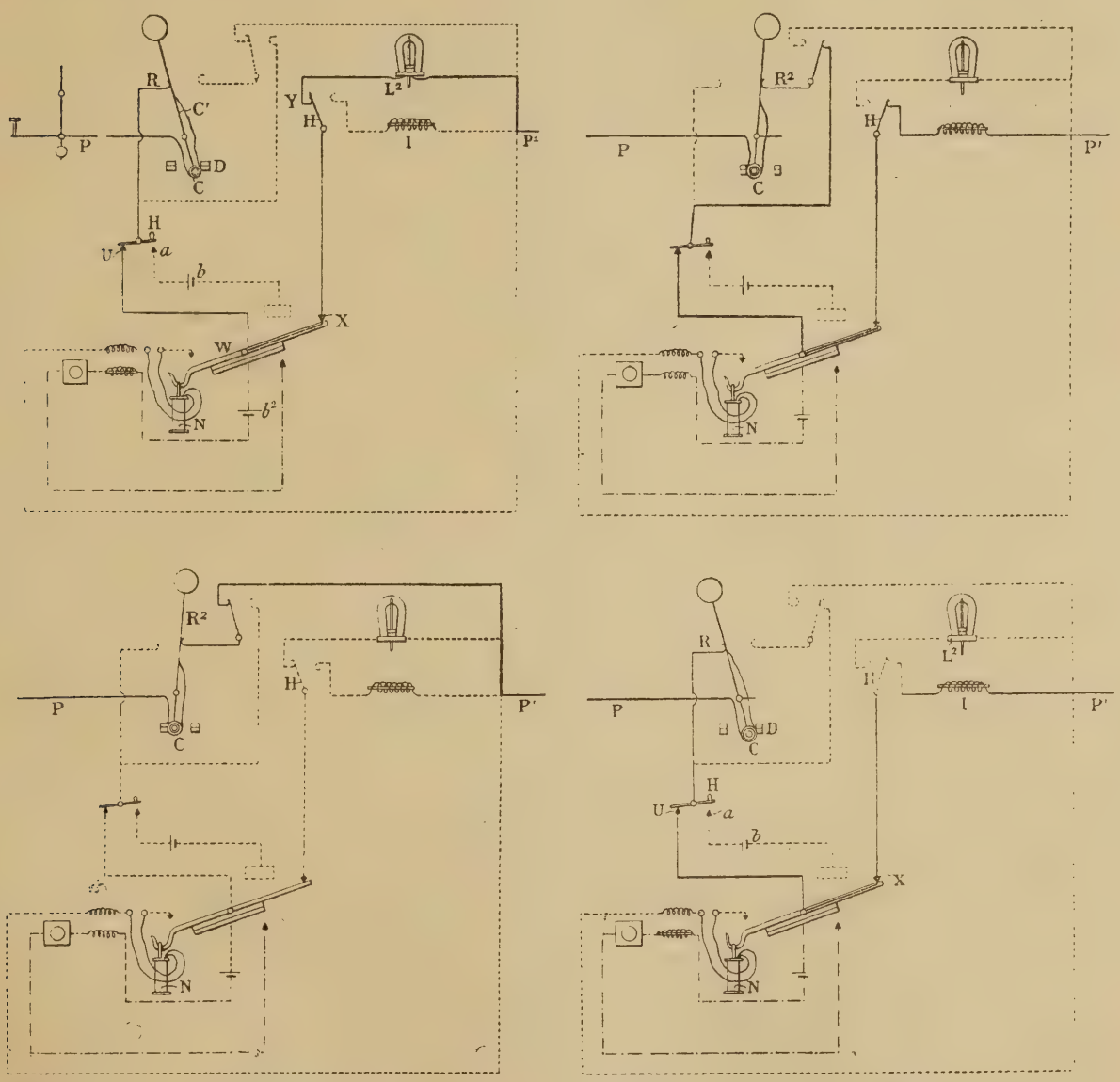


Fig. 17, 18, 19 et 20. — Distributeur Stephen, position des mécanismes en ligne ouverte et fermée avec pendule C' a droite ou à gauche

bobine L_2 du pendule L, et au fil de ligne P^1 des abonnés.

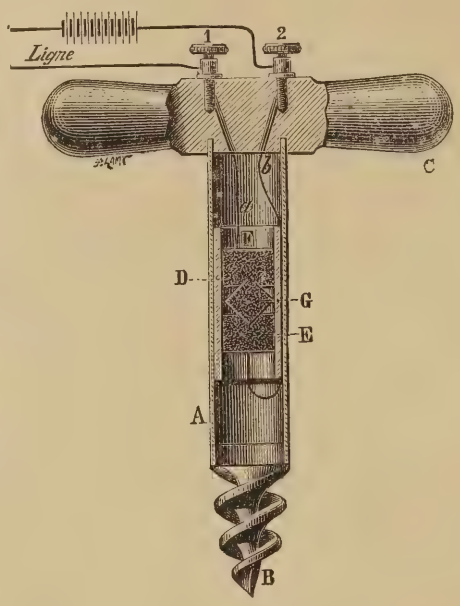
Lorsqu'il veut communiquer, l'abonné appelle le poste central en pressant le bouton K, ce qui rompt son contact en U et le rétablit en *a* avec le pôle négatif de la pile *b*, dont le courant passe ainsi au poste central par K, R, C, P. Le poste central averti, envoie, le récepteur N étant raccroché, un courant qui lache le contact H dans la position indiquée sur la figure 18, de manière à faire partir par le relai I la sonnerie de l'abonné qui sonne de nouveau le poste central. L'émission

de ce courant s'opère du poste central, au moyen d'un métronome dont la marque correspond au numéro de l'abonné, de manière que sa période d'oscillation concorde avec celle du pendule L de l'abonné. Ce poste envoie alors un courant de sens contraire au premier, ou négatif, qui isole de la ligne tous les abonnés en amenant leurs pendules C à gauche, à l'exception de celui avec qui on a demandé la communication et qui reste relié à la ligne par la chute du contact H.

L'abonné décroche alors son téléphone du levier W, dont la partie isolée C vient fermer en a_2 le circuit de la pile b_2 sur la bobine primaire *d* au transmetteur M, en même temps que l'autre extrémité du levier W ferme sur la ligne P_1, le circuit du fil secondaire et du récepteur N.

La communication terminée, le poste averti par une sonnerie envoie de nouveau un courant positif qui fait repasser à droite tous les électro-aimants C de la ligne.

Le déclenchement du cliquet F avec H s'opère comme nous l'avons vu, par le choc du pendule L sur la barre L^3, qui se produit lorsque le bureau central dépose son métronome interrupteur au numéro de l'abonné, de façon à transmettre à son pendule L des courants interrompus synchroniques avec sa période d'oscillation. Les autres pendules de la ligne, insensibles à des interruptions non concordantes avec leurs périodes, ne se déplacent pas suffisamment pour décrocher leurs commutateurs H.



Ce système de mise en communication par synchronisme, en apparence assez délicat, lent et compliqué, fonctionne, paraît-il, très bien.

On peut s'en convaincre, en se reportant à la description du poste téléphonique à embranchement d'*Ader*, que nous avons faite dans *La Lumière Électrique*, du 14 novembre 1885, page 313.

Nous terminerons cet article par la description du microphone de campagne de *Drawbaugh*.

Le système microphonique à contacts de charbons F, E, G (fig. 21), protégé par une gaîne d'ébonite D, est renfermé dans un tube à vis que l'on enfonce en terre aux points, représentés sur la figure 22, par les lettres H que l'on peut surveiller d'un point central où se trouvent les piles reliées aux bornes 1, 2 et aux récepteurs I, qui signalent ainsi tout mouvement aux environs des points H.

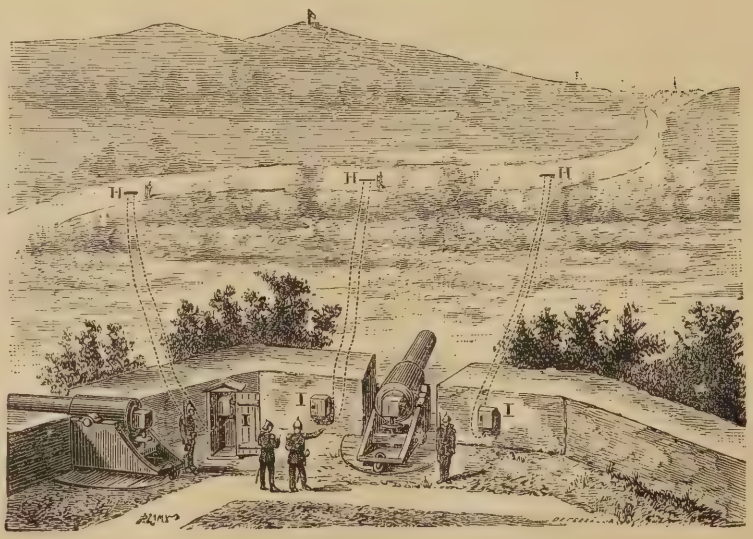


Fig. 21 et 22.

L'essai, peu coûteux d'ailleurs, de cet appareil très utile, mériterait certainement l'attention de nos télégraphistes militaires.

GUSTAVE RICHARD

BATTEUR DE MESURE

ÉLECTRIQUE

Dans le numéro du 4 décembre dernier, *La Lumière Électrique* a publié une note relative à *un appareil permettant de transmettre la mesure à des exécutants placés de manière à ne point voir le chef d'orchestre*, imaginé par M. Carpentier.

Nous complétons, aujourd'hui, cet article par une description détaillée de l'appareil à l'aide des dessins ci-joints. L'emploi de cet instrument vient combler une véritable lacune dans l'exécution des grandes œuvres théâtrales. Pour bien s'en convaincre, il suffit de penser un instant à l'effort considérable imposé à un chef d'orchestre pendant toute une représentation, par suite des exigences scéniques toujours croissantes. Assurer l'unité, la régularité de la mesure, l'harmonie en un mot, entre les diverses parties concourant à l'exécution d'un opéra tel que « *Patrie* », par exemple, n'est pas sans difficulté.

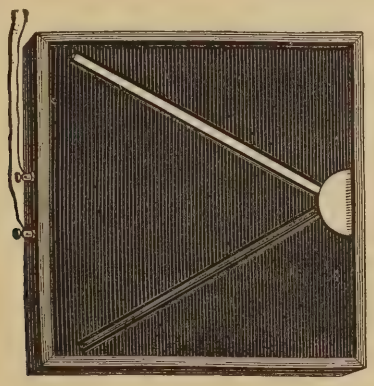


Fig. 1.

En raison de cette stricte nécessité, un système qui doit donner au chef d'orchestre, le moyen de transmettre à distance les indications d'une partition, ne devait pas avoir pour résultat de le gêner par la préoccupation d'une manœuvre spéciale d'un appareil quelconque.

Dans ce même ordre d'idées, pour faire disparaître toute inquiétude, il est indispensable que le chef d'orchestre ait la conviction que les ordres transmis par lui, pour ainsi dire automatiquement, sont fidèlement reçus. Nous allons voir que toutes ces conditions sont remplies.

La solution trouvée par le constructeur est des plus simples et des plus élégantes. Elle est empruntée à une famille particulière de signaux visibles, c'est-à-dire à ceux qui reposent entièrement sur une illusion d'optique et qui ont l'avantage considérable d'échapper complètement aux effets de l'inertie des pièces en mouvement. Par ce moyen, une des principales conditions du problème était satisfaite : la nature même des phénomènes qui s'accomplissent, supprime tout retard de réception.

La figure 1 donne la vue de face de l'appareil,

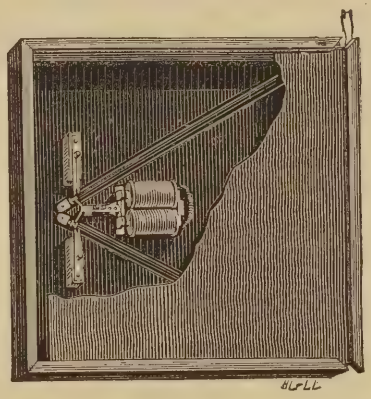


Fig. 2

la figure 2 une vue de l'intérieur, la figure 3, une vue agrandie du mécanisme intérieur.

L'appareil se compose d'une boîte carrée en bois, de 30 centimètres de côté environ, profonde de 7 à 8 centimètres.

Une des faces de la boîte est noircie, deux fenêtres longitudinales ont été pratiquées dans son épaisseur sous un angle correspondant à peu près à celui décrit par l'archet du chef d'orchestre. Ce tableau noir est accroché soit à un décor, soit placé sur le pupitre du chef de musique de coulisse ou même simplement tenu à la main.

La figure 3 représente les détails de construction. Deux règles carrées R R, montées sur pivots, remplissent les deux sillons creusés dans le panneau noir et peuvent osciller simultanément en décrivant un quart de tour autour de leur axe. Une de ces règles a une face blanche marquant l'ori-

gine du mouvement ; après un quart de tour, cette partie blanche disparaît pour redevenir noire, tandis qu'en même temps la règle inférieure présente sa face blanche, de noire qu'elle était auparavant.

Ces alternances simultanées ont pour effet de produire sur la rétine l'impression d'une règle réelle se précipitant de haut en bas et inversement.

Le mouvement des règles est obtenu très simplement. On remarque, en effet, vers le sommet de l'angle formé par elles, deux tambours sur lesquels s'enroulent des ficelles.

Un des bouts de chacune de celles-ci est fixé à un ressort *r*, qui la sollicite ; l'autre bout est attaché à un appendice faisant corps avec l'armature d'un électro-aimant ordinaire.

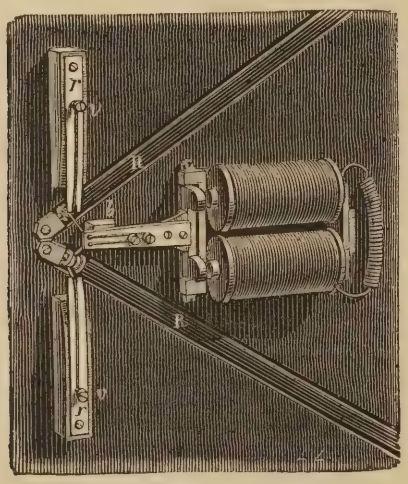


Fig. 3

Les excursions de l'armature sont arrêtées par un butoir en bois visible en dessous de l'appendice. La tension des cordons s'opère au moyen des vis à portée *v*, *v*.

Tant que l'électro-aimant n'est pas excité par le courant de la pile, les ressorts *rr* maintiennent les règles dans leurs positions primitives ; mais dès que le courant passe, l'attraction de l'armature dominant l'antagonisme des ressorts, les fait brusquement pivoter.

Pour lancer le courant de la pile dans l'appareil, le chef d'orchestre a sous son pied droit une simple pédale, sur laquelle il appuie, au moment décisif, pour donner la vie au bâton fantôme de l'instrument.

Rien n'est plus aisé. Il conserve, pour d'autres fonctions, la libre disposition de ses mains, et comme les titulaires de ces emplois ont l'habitude de battre la mesure, non seulement avec le bras, mais par un mouvement rythmé de toutes les parties de leur corps, on conçoit très bien que la transmission des avertissements se fasse, pour ainsi dire, automatiquement.

Le contrôle s'effectue au moyen d'un petit appareil, en tout semblable à celui des coulisses et qui, placé dans le même circuit sous les yeux du chef d'orchestre, bat synchroniquement avec l'autre.

Avec ce métronome nouveau, tout danger d'irrégularités disparaît dans les exécutions, la précision peut être absolue.

Toutes les conditions qu'on est en droit d'exiger d'un appareil de ce genre sont positivement remplies.

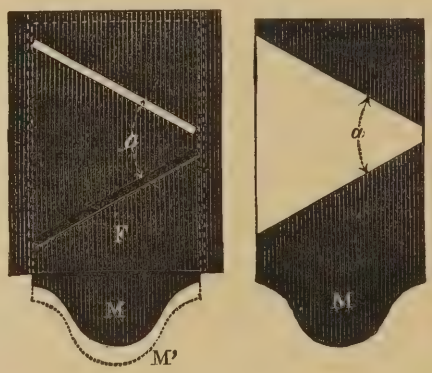


Fig. 4

Il est très facile de se rendre compte, à peu de frais, de l'illusion d'optique dont on est toujours victime, quoiqu'on connaisse l'artifice.

Pour cela, il suffit de construire l'appareil rudimentaire indiqué par la figure 4.

Il est constitué par deux morceaux de carton dont l'un M coulisse derrière l'autre. Le premier, tenu de la main gauche, est percé de deux fenêtres inclinées l'une vers l'autre, comme l'indique la figure 4 ; sa surface est noircie. Le deuxième, que l'on voit séparément sur la droite du dessin, a sa face divisée en trois parties alternativement noires et blanches.

Les angles α, α étant égaux sur les deux cartons, il s'ensuit que, lorsqu'on les place l'un derrière l'autre, dans des positions relatives convenables,

l'ouverture supérieure apparaîtra blanche, l'ouverture inférieure demeurant noire.

Faisant alors glisser d'un mouvement brusque le carton mobile de la position M en M', la face primitivement blanche devient noire et inversement.

Pendant les mouvements de va-et-vient de haut en bas et de bas en haut du carton M, l'œil qui se porte alternativement sur celle des bandes qui est blanche, a l'illusion d'une bande unique se mouvant entre deux positions extrêmes.

E. Dieudonné

RECHERCHES

SUR L'ÉLECTROLYSE (1)

LOIS RELATIVES A LA FORCE ÉLECTROMOTRICE ET AU RENDEMENT

Les lois de force électromotrice et de rendement se déduisent directement des lois d'intensité et des travaux électrolytiques ; elles sont communes à la source et aux électrolytes.

Bien que les liquides constituant un élément de pile doivent être considérés comme des électrolytes on donne plus généralement ce nom aux corps qui, traversés par un courant, deviennent le siège d'une force contre-électromotrice ou présentent certains phénomènes particuliers comme le transport d'une électrode à l'autre d'éléments électro positifs ou électro-négatifs.

Lois de force électromotrice. — Elles sont au nombre de deux ; elles expriment les relations qui lient la force électromotrice aux réactions électrolytiques et aux quantités d'énergie développées par ces réactions.

On donne le nom de réactions électrolytiques à toutes celles qui concourent à la formation de la force électromotrice ou, pour mieux dire, aux réactions qui produisent ou absorbent des quantités d'énergie pouvant être transmises à travers un système de points matériels par le phénomène électrique.

(1) Voir la *Lumière Electrique* du 27 novembre 1886.

Première loi. — *La force électromotrice qui correspond à une réaction électrolytique donnée est constante.*

Deuxième loi. — *Elle est proportionnelle à la quantité d'énergie qui est développée par cette réaction.*

La première loi se démontre expérimentalement on sait en effet, que la force électromotrice d'un élément de pile de constitution déterminée reste invariable quelles que soient les dimensions de l'élément et l'intensité du courant produit.

Les expériencas doivent être toutefois de courte durée, afin d'éviter le phénomène de polarisation

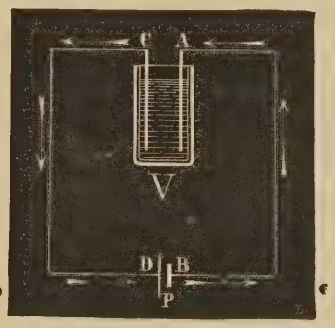


Fig. 1.

ou un changement quelconque dans la composition des liquides.

Il suffit d'exprimer par des formules les lois relatives aux travaux pour démontrer la seconde des propositions que nous venons d'énoncer.

Soit un système électrique (fig. 1) formé d'une source P et d'un électrolyte V.

Appelons

E la force électromotrice développée par les réactions électrolytiques ;

e, la force contre électromotrice qui résulte du passage du courant à travers l'électrolyte ;

ε, la différence de potentiel aux points AC ;

I, l'intensité du courant ;

R_p R_v, Les résistances respectives intérieures de la source et de l'électrolyte ;

R, la résistance totale du système ;

C. la quantité d'énergie électrolytique, c'est-à-dire transmise aux divers points du système par le phénomène électrique, développée par la source, exprimée en grandes calories.

c, la quantité d'énergie électrolytique absorbée par l'électrolyte, exprimée en grandes calories ;

W La quantité d'énergie fournie par la source exprimée en kilogrammètres.

θ La durée de l'expérience ;

j L'équivalent mécanique de la chaleur, que nous prenons égal à 428,4.

g L'accélération de la pesanteur = 9,8094.

Nous pouvons écrire pour exprimer la quantité d'énergie fournie par la pile pendant un temps θ et distribuée à tous les points du système

$$W = \frac{E(I\theta)}{g} \tag{1}$$

Cette énergie disponible provient uniquement des réactions électrolytiques de la source, cela a été démontré lorsqu'on s'est occupé des lois relatives aux travaux.

Nous savons également que lorsque le produit $I\theta$ est égal à 96512 Coulombs, les corps qui entrent en réaction, soit dans la source, soit dans l'électrolyte, sont représentés par leurs équivalents exprimés en grammes.

Or, d'un autre côté, il est évident que la quantité d'énergie développée par une réaction donnée qui correspond à des poids fixes de corps entrant en réaction est constante; si cette réaction est électrolytique, c'est-à-dire si comme nous le disions plus haut, la quantité d'énergie qu'elle développe est susceptible d'être transmise au système en totalité, nous pouvons écrire en appelant C la quantité d'énergie qui correspond au passage de 96512 Coulombs et exprimée en grandes calories :

$$C = \frac{W}{j}$$

et par suite

$$C = \frac{E(I\theta)}{j \times g} \tag{2}$$

d'où en remplaçant dans l'expression (2) les lettres par leur valeur

$$C = \frac{E \times 96512}{428{,}4 \times 9{,}8094}$$

$$C = 22{,}96\ E \tag{3}$$

$$E = 0{,}04355\ C \tag{4}$$

L'équation (4) n'est autre chose que l'expression mathématique de la deuxième loi générale de force électromotrice.

Mais nous ferons remarquer que lorsqu'on s'occuppe de l'analyse des phénomènes électrolytiques, l'expression (3) est plus souvent employée, la force électromotrice E pouvant être déterminée au moyen de méthodes plus simples que celles que nous venons de développer. Il est difficile de fixer exactement *à priori* les réactions électrolytiques, les réactions qui seules doivent servir au calcul de la force électromotrice. Ces réactions pourront être trouvées au contraire par déduction, si connaissant le terme E on calcule au moyen de l'équation (3) la somme d'énergie qui s'y rapporte.

Clerk Maxwell a donné deux énoncés relatifs à la deuxième loi de force électromotrice tirée d'une méthode de détermination de cette quantité dans les appareils électrochimiques, indiquée par Thomson.

« Supposons, dit le savant Anglais, que nous rendions la résistance du circuit si grande que l'on puisse négliger la chaleur engendrée par le courant dans les électrolytes. Soit E la force électromotrice du circuit. Le travail dépensé pour faire passer une unité d'électricité dans le circuit est alors numériquement égal à E. Mais, pendant cette opération, un équivalent électro-chimique de l'électrolyte subit l'action chimique qui s'accomplit dans la pile ; donc, si l'énergie dépensée pendant cette opération est entièrement consacrée à maintenir le courant, la valeur dynamique de cette action doit être uniquement égale à E, force électromotrice du circuit, ou suivant l'expression de Thomson.

La force électromotrice d'un appareil électrochimique est, en mesure absolue, égale à l'équivalent mécanique de l'action chimique sur un équivalent électrochimique de la substance. Ou sous une autre forme, *la force électromotrice est l'équivalent de l'action chimique correspondant au passage de l'unité de courant ou produite par la dissolution d'un équivalent électrochimique du métal attaqué.* »

Loi de Sprague. — *Lorsque l'électrolyte est composée de plusieurs substances, ce sont celles qui absorbent le moins d'énergie qui sont décomposées d'abord.*

Considérons un électrolyte traversé par un courant sous une pression égale à ε. Cette pression ou différence de potentiel doit dépasser un certain minimum, sans cela il n'y a pas d'électrolyse complète. Ce minimum, pour un

électrolyte donné a une valeur constante. Cette force électromotrice minimum est donnée par l'expression (4). Tant que le courant traverse l'électrolyte sous une pression inférieure à cette force électromotrice minimum, il peut se produire une certaine orientation des molécules électrolytiques, les molécules extrêmes peuvent même se détacher aux électrodes ; c'est un phénomène analogue à celui de la dissociation. La segregation de la substance qui subit l'influence du courant, s'arrête à la première molécule. Nous voulons parler, bien entendu de cas où il ne se produirait dans l'électrolyte que des phénomènes de décomposition, sans reconstitution de la substance électrolysée, c'est-à-dire des cas où l'anode n'est pas soluble.

La loi de Sprague se déduit de ce que nous venons de dire.

Puisque toute substance ne peut être décomposée que lorsque la force électromotrice du courant atteint une valeur minimum fixée par la somme d'énergie nécessaire à sa décomposition, la substance qui absorbe, pour se décomposer, la plus petite quantité d'énergie sera attaquée la première.

Pour procédé à la démonstration expérimentale de cette loi, on prend (fig. 2) un système electrique tel que l'électrolyte soit shunté au moyen d'une résistance connue R, comprenant un mesureur de courant. On pourra calculer ainsi à chaque moment la différence de potentiel en A C

$$\varepsilon = R\ I$$

et faire partir celle-ci de zéro.

On constate, en effet, que, si l'électrolyte est formé de plusieurs bases combinées avec le même acide, le sel, dont la chaleur de formation est la plus faible, est décomposé le premier et que sa décomposition commence au moment où la différence de potentiel ε atteint une valeur minimum tirée de cette chaleur de formation.

Si l'on a pris la précaution de choisir des bases qui présentent, avec le même acide, des chaleurs de formation assez différentes, on pourra arriver par des électrolyses successives à séparer complètement les métaux en dissolution.

Anomalies. — Il existe un grand nombre de cas où les forces électromotrices mesurées paraissent ne pas s'accorder avec les quantités d'énergie calculées d'après les réactions chimiques probables ; le plus souvent, cela provient de ce que les réactions adoptées ne sont pas les vraies ; les anomalies ne sont qu'apparentes.

Nous pourrions donner de nombreux exemples tirés des recherches des savants qui, comme MM. Favre, Edmond Becquerel, Berthelot, Thomson, D. Tommasi, etc., se sont plus particulièrement occupés de cette question.

Nous reviendrons souvent sur ce sujet lorsque nous nous occuperons, en particulier, de l'électrolyse des corps qui présentent les anomalies dont nous parlions plus haut.

Nous démontrerons que par une analyse plus rigoureuse du phénomène, on peut toujours le faire rentrer dans la loi générale.

Les forces électromotrices de contact et de

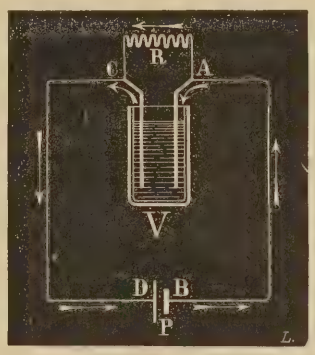


Fig. 2.

polarisation peuvent se déterminer au moyen de formules semblables à celles que nous avons tirées de la deuxième loi générale.

Pour ce qui concerne la polarisation, cela est évident *à priori* ; ce phénomène étant toujours accompagné de réactions électrolytiques secondaires qui, lorsqu'elles sont fixées, donnent exactement par le calcul, la valeur de la force électromotrice de polarisation.

La théorie du contact est plus complexe ; on peut admettre toutefois que lorsque deux corps hétérogènes, à la même température, sont en contact, il ne se produit une différence de potentiel que par suite d'une dépense d'énergie due à une action chimique quelconque, fussent-ils solides. Il serait intéressant de comparer la force électromotrice de contact de divers métaux avec la chaleur de formation de leur alliage et de voir si notre hypothèse se vérifie rigoureusement.

A. Minet

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Emploi du galvanomètre de torsion de Siemens pour la mesure des courants intenses, par W. Kohlrausch (1).

L'instrument le plus employé dans les laboratoires techniques allemands est, peut-être, le galvanomètre de torsion de la maison Siemens et Halske; aussi a-t-on assez souvent l'occasion de trouver, dans les journaux d'Outre-Rhin, des études à son sujet.

En France, quoique bien connu, cet instrument

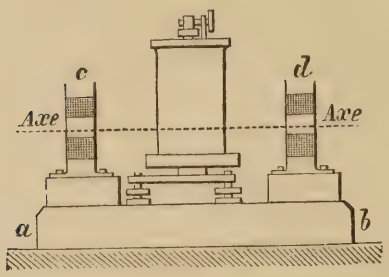


Fig. 1.

est, croyons-nous, d'un emploi très restreint, aussi ne donnerons-nous qu'une esquisse rapide de la nouvelle méthode indiquée par M. W. Kohlrausch, pour la mesure des fortes intensités, au moyen de cet instrument.

Dans ce cas, on peut, comme avec tout galvanomètre trop sensible, le munir d'un shunt; mais ce procédé entraîne des corrections et des erreurs inévitables. Si on emploie un shunt formé de fil de maillechort, comme les bobines elles-mêmes, la température de l'air ambiant aura peu d'influence, et on pourra la négliger, à condition d'opérer, à quelques degrés près, à la température d'étalonnage; mais, par contre, l'échauffement différent des deux circuits sous l'action du courant introduira une erreur, si les mesures ne sont pas très rapides.

En outre, et le cas se présentera dans la pratique, la dérivation sera généralement constituée par un fil de cuivre, et l'erreur provenant de la température — pour les deux causes indiquées — sera beaucoup plus forte.

Pour parer à cet inconvénient, M. Kohlrausch emploie, pour les de fortes intensités, une paire de bobines indépendantes en gros fil, extérieures à l'intrument, et agissant seules sur l'aimant du galvanomètre.

La figure 1 représente cette combinaison: les deux bobines, dont les axes sont confondus, sont fixées à demeure (avec un léger déplacement possible dans le sens de l'axe) sur une même

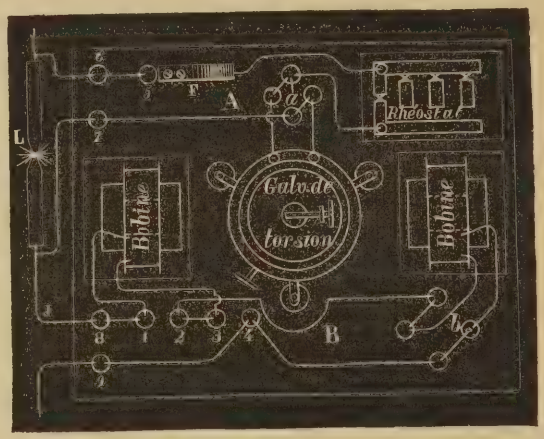


Fig. 2

planchette, sur laquelle se fixera ensuite le galvanomètre lui-même.

Il est possible ainsi de mesurer des intensités allant jusqu'à 70 ampèrss.

Il faut, bien entendu, réaliser certaines conditions ; ainsi les pôles de l'aimant doivent se trouver autant que possible dans l'axe des bobines et à égale distance de celles-ci.

Le champ magnétique des bobines est alors maximum relativement à un déplacement transversal (par rapport à l'axe des bobines) et minimum pour le déplacement perpendiculaire ; de petites variations de position ont donc peu d'influence.

La fixation définitive des bobines a lieu, du reste, au moment du tarage, qui se fait en mettant en série un instrument étalonné, une batterie d'accumulateurs et les bobines, en série (de manière à ce que les actions s'ajoutent); un premier réglage permet d'obtenir pour la constante un

(1) Voir *Centralblatt für Élektrotechnik*, 1886, p. 313.

nombre entier; en renversant les communications des deux bobines, on les règle alors de manière à ce que la déviation soit nulle.

Cela fait, on a le moyen de diminuer la sensibilité ou d'augmenter la constante, du simple au double, en couplant les bobines en arc parallèle, leurs résistances étant équilibrées, bien entendu.

Il est très important que le même instrument puisse servir simultanément pour la mesure d'un courant et d'une différence de potentiel.

La figure 2 représente la disposition employée dans ce but par M. Kohlrausch; 6, 7, 8, 9 sont des bornes pour les fils de secours, et 1, 2, 3, 4, 5 des godets à mercure; *a* et *b* sont deux commutateurs également à godets. F est une clef formée d'un ressort dont l'extrémité est munie d'une tige de cuivre amalgamé, qui établit le contact en 5, quand on l'abaisse avec le doigt.

La mesure du courant étant faite avec les communications indiquées, la mesure de la différence de potentiel se fera alors comme suit : on renverse le commutateur *b*, après avoir préalablement mis en court circuit les godets 1 et 4.

Le courant circulant dans les deux bobines en sens inverse n'agit plus sur l'aimant, et on peut effectuer la mesure de la différence de potentiel, en abaissant la clef F. Comme l'on voit, on peut, en outre, coupler, s'il le faut, les bobines extérieures en quantité.

E. M.

Petit galvanomètre de poche à miroir, de T. Edelmann.

Le petit galvanomètre représenté à la moitié de sa grandeur réelle, par la figure 1, est peut-être un des plus petits du genre; il ne pèse que 230 grammes, et la boîte qui le contient n'a que 11 × 8 × 6 centimètres.

Cet appareil construit par la maison Edelmann de Munich est destiné à servir de galvanomètre de poche et, malgré ses dimensions exigues, il présente encore, d'un côté, une solidité et une simplicité suffisantes, avec une sensibilité qui permet d'estimer 0,000001 ampère, avec une échelle distante de 1 mètre.

Comme on le voit, l'instrument, au lieu d'être fixé sur un pied, est muni d'une vis à bois Y, qui permet de le fixer contre n'importe quoi, au moment ou l'on s'en sert.

Le galvanomètre est relié à cette vis au moyen d'une articulation sphérique ou genou, qui permet de l'orienter à volonté. En desserrant les mâchoires *m n* de l'articulation, au moyen des vis *q*, on peut démonter le galvanomètre et le support.

Les deux petits aimants *a b*, *c d*, permettent de faire varier le champ magnétique ou le zéro de l'aiguille aimantée, à volonté.

La bobine du galvanomètre est enroulée sur son cadre en bois R, qui forme boîte pour le galvanomètre, et qui est fermée en avant par une glace *g*. Le fil de la bobine se termine aux deux petites bornes K.

L'aimant du galvanomètre, une pièce de ressort de montre, est collé au dos du miroir plan *r*, suspendu par un fil de cocon à l'intérieur d'une

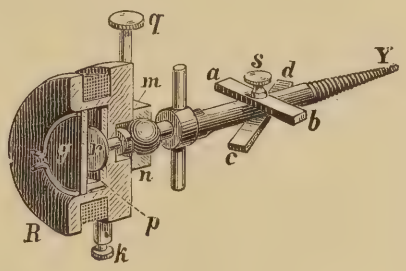


Fig. 1

boîte plate *p* en laiton, de manière à ce que l'air amortisse les oscillations.

Le fil de cocon qui passe dans une encoche de la boîte, est fixé à un anneau mobile autour de la boîte *p*, et qui permet de faire varier la longueur libre du cocon, ou de laisser reposer le miroir, pour le transport. Dans ce cas, on intercale, en outre, une plaque de liège entre la glace et le miroir.

On emploie naturellement une échelle à lunette avec ce galvanomètre, ce qui, entre parenthèse, diminue singulièrement sa valeur comme instrument transportable; pour les méthodes de zéro, il est vrai, on peut se dispenser d'échelle et de lunette par un petit artifice : on remplace la glace ordinaire *g* par une autre, dont la moitié est garnie de tain. On peut alors observer les moindres déplacements relatifs de l'image d'un point quelconque, par exemple l'œil de l'observateur, dans les deux miroirs.

Avec 600 tours de fil de 0,1 millimètre de diamètre, la sensibilité est, comme nous l'avons dit,

de une division (1 millimètre de déviation sur une échelle à un mètre de distance) pour 0,000001 ampère, sans faire usage des aimants directeurs.

E. M.

Répartition d'une charge électrique dans les corps conducteurs, par A. Fœppl (1).

L'application de l'équation de Laplace à un point situé dans l'intérieur d'un conducteur conduit, comme on le sait, à la conclusion que toute la charge d'électricité à l'état libre doit s'accumuler à la surface. Cette conclusion est confirmée jusqu'à un certain point par les nombreuses expériences que l'on a faites sur la charge électrique des corps creux.

La théorie mathématique de l'électrostatique, telle qu'on la donne généralement, attribue à cette couche électrique une épaisseur infiniment petite, tandis que, si l'on considère les phénomènes électriques comme produits par un agent physique étendu dans l'espace, on est obligé de lui attribuer une épaisseur très petite, il est vrai, mais non pas nulle.

L'explication des courants d'endosmose, telle que l'a donnée Helmholtz, exige aussi que la couche électrique ait une épaisseur finie.

Si l'on admet que le fluide électrique (ou les fluides électriques, en se basant sur la théorie dualistique) est élastique, on démontre facilement et d'une manière satisfaisante l'existence d'une couche électrique d'épaisseur finie. Dans cette hypothèse, le fluide électrique peut se déplacer, dans l'intérieur du conducteur, suivant toutes les directions; il est soumis aux forces électriques agissant à distance suivant la loi de Coulomb, et en outre à des forces élastiques qui ne dépendent que de sa densité en chaque point. Cette hypothèse n'est autre que celle de Maxwel généralisée à tous les corps et non pas limitée aux diélectriques seulement.

En un point d'un corps quelconque électrisé positivement, la densité électrique est

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon \tag{1}$$

ε_0 étant la densité électrique à l'état neutre, $\Delta\varepsilon$ l'électricité libre. Si le corps est électrisé négativement $\Delta\varepsilon$ sera négatif.

La variation de la densité électrique de la valeur ε_0 à la valeur ε, donne naissance à des forces de tension qui, par suite de la mobilité du fluide dans le conducteur, sont des fonctions des coordonnées seulement, et sont indépendantes de la direction suivant laquelle on doit déterminer la pression superficielle. Soit p cette pression par unité de surface; on a

$$p = c\,\Delta\varepsilon \tag{2}$$

c étant une constante de mêmes dimensions que le potentiel. Considérons un élément superficiel du conducteur, et sur la normale à la surface en cet élément, prenons un point comme origine des abscisses r comptées sur cette droite. Pour le pied de cette normale, on aura $r = R$.

La masse de fluide positif contenu dans un élément de volume sera en équilibre, lorsque la condition

$$\frac{dp}{dr} + \varepsilon\frac{d\varphi}{dr} = 0 \tag{3}$$

sera satisfaite, φ étant le potentiel au point considéré.

De cette équation résulte immédiatement

$$\varphi = -c\int\frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = C - c\log\varepsilon$$

ou puisque dans l'intérieur $\varphi = \varphi_i$ et $\varepsilon = \varepsilon_0$,

$$\varphi - \varphi_i = -c\log\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \tag{4}$$

L'équation de Laplace

$$\frac{d^2\varphi}{dr^2} = -4\pi\Delta\varepsilon \tag{5}$$

devient donc

$$\frac{d^2\varphi}{dr^2} = -4\pi\varepsilon_0\left[e^{\frac{\varphi_i - \varphi}{c}} - 1\right] \tag{6}$$

(1) *Annales de Wiedemann*, 1886, vol. XXIX, p. 591.

d'où l'on déouit par une double intégration, en posant $\frac{\varphi_i - \varphi}{c} = z$

$$(7) \qquad r = C_1 + \sqrt{\frac{c}{8\pi\varepsilon_0}} \int \frac{dz}{\sqrt{e^z - z - 1}} = C_1 + Z$$

C_1 est une constante ; désignons par Z_a la valeur que prend Z à la surface ; on aura

$$(8) \qquad R - r = Z_a - Z$$

Or z est un nombre très peu différent de zéro d'après l'équation (4) ; on peut donc développer rapidement et l'on a, avec une approximation suffisante,

$$Z = \sqrt{\frac{c}{4\pi\varepsilon_0}} \log z$$

L'équation (8) permet donc d'exprimer le potentiel φ en fonction de r. On peut maintenant déterminer facilement l'épaisseur de la couche électrique ; par sa nature même elle n'est pas limitée d'une façon absolue, mais en admettant sa limite aux points où la quantité d'électricité libre $\Delta\varepsilon$ ne peut plus être constatée, on aura pour l'épaisseur δ de la couche

$$(9) \qquad \delta = \sqrt{\frac{c}{4\pi\varepsilon_0}} \log \frac{z_a}{z}$$

Si l'on définit de même les limites de la couche électrique par la condition que le rapport des électricités libres $\frac{\Delta\varepsilon_a}{\Delta\varepsilon}$ ait une valeur déterminée, on obtient à l'aide des équations (4) et (9).

$$(10) \qquad \delta = \sqrt{\frac{c}{4\pi\varepsilon_0}} \log \frac{\Delta\varepsilon_a}{\Delta\varepsilon}$$

L'accumulation de l'électricité suivant une couche très mince à la surface des conducteurs est donc démontrée d'une manière satisfaisante par la théorie ci-dessus, en admettant, ce qui est excessivement plausible, que la constante c a une valeur très faible.

En étudiant la vitesse de propagation d'une perturbation électrique dans un conducteur, on arrive à la relation

$$c = v^2 \gamma$$

dans laquelle γ désigne la masse de l'unité électrostatique d'électricité et v la vitesse de propagation de la perturbation.

Or v est connu assez exactement, en sorte que la connaissance de l'une des quantités c ou γ, implique celle de l'autre. On peut facilement déterminer la limite inférieure de c et par conséquent de γ ; les recherches faites jusqu'à présent dans ce domaine semblent plutôt conduire à une limite supérieure de γ. On voit donc que la possibilité de déterminer deux limites pour cette valeur n'est pas exclue.

Dr A. P.

Détermination de la quantité v, par M. H. Himstedt (1).

Les nombreuses déterminations de l'ohm faites dans le cours de ces dernières années, ainsi que les nouvelles mesures de l'équivalent électrochimique de l'argent, ont démontré qu'on peut maintenant atteindre, dans ce genre de travaux, une exactitude à laquelle il était impossible de prétendre il y a quelques années. Néanmoins les mesures du rapport entre les unités électrostatiques et électromagnétiques, c'est-à-dire de la quantité désignée par Maxwell dans sa théorie électromagnétique de la lumière par le symbôle « v », offrent des divergences de plus de 4 o/o, même en ne tenant compte que des dernières mesures :

	v		v
Exner	$29,2 \times 10^9$	Rowland.....	$30,45 \times 10^9$
J. Thomson.	$29,63 \times 10^9$	Colley.....	$30,15 \times 10^9$
Klemencic...	$38,15 \times 10^9$		

M. *Himstedt*, dont la récente détermination de l'ohm a été mentionnée ici-même, a fait une nouvelle mesure de cette quantité v à l'aide d'une méthode permettant de calculer facilement le degré d'exactitude atteint.

Cette méthode est un perfectionnement de celle de Klemencic ; elle consiste à mesurer en unités électromagnétiques et par une réduction à zéro, la capacité d'un condensateur, capacité qui

(1) *Annales de Wiedemann*, 1885, vol. XXIX, p. 560.

d'autre part peut facilement se calculer en unités électrostatiques.

La capacité d'un condensateur étant Q en unités électrostatiques, elle sera $\frac{Q}{v^2}$ en unités électromagnétiques. Ce condensateur est chargé et déchargé n fois par seconde en reliant alternativement les plateaux avec les extrémités de la résistance AB qui clôt le circuit de la pile E, et avec celles d'une des bobines d'un galvanomètre différentiel G. Les extrémités FF de la seconde bobine sont constamment reliées avec deux points A et C choisis sur la résistance AB, de manière que l'aiguille du galvanomètre ne soit pas déviée. Si l'on désigne par r la résistance entre les points A et C, par R celle de la seconde bobine et par R_1 celle qui est comprise entre A et B, on aura la relation

$$\frac{n\,Q}{v^2} R_1 i = \frac{r\,i}{R + r}$$

d'où il résulte

$$(1) \qquad v = \sqrt{\frac{n\,Q\,R\,(R_1 + r)}{r}}$$

Cette formule montre la simplicité de la méthode ; il suffit en effet de déterminer en unités électrostatiques la capacité Q et en unités électromagnétiques la résistance R ; il faut, en outre, mesurer le nombre n d'interruptions du courant par seconde et le rapport des deux résistances $(R + r)$ et r. Les observations sont, par contre, indépendantes de la force électromotrice employée ainsi que de la constance du courant.

Le condensateur placé horizontalement était formé de deux disques d'acier nickelés et polis séparés par trois fragments de verre circulaires de 4 ou 5 millimètres de diamètre ; leur épaisseur varia successivement de 0,21 à 0,92 centimètres. L'armature inférieure reposait sur 3 tiges en ébonite de 50 centimètres de longueur, placées elles-mêmes sur un tabouret isolant; on obtint ainsi une isolation aussi parfaite que possible. L'épaisseur des disques d'acier était de 1,727 cent. on détermina leur diamètre soit directement soit en mesurant le périphérie ; la moyenne de ces mesures, rapportée à une règle en verre comparée au mètre normal et étalonnée par le bureau des poids et mesures de Berlin, donna pour le rayon r, la valeur

$$r = 24{,}9735 \text{ c. m}$$

L'épaisseur d des disques de verre séparant les deux armatures du condensateur, fut mesurée avec un sphéromètre Breithaupt ; la vis de cet instrument avait été auparavant étudiée, relativement à ses erreurs périodiques et comparée avec la règle en verre citée plus haut ; on a pris 6 comme pouvoir inducteur spécifique du verre, dans le calcul de la correction de la capacité du condensateur.

L'auteur calcule la capacité du condensateur d'après la formule donnée par Kirchhoff :

$$(2) \quad C = \frac{r^2}{4\,d} + \frac{r}{4\,\pi}\left[\log \frac{16\,\pi\,r\,(d+b)}{e\,d^2} + \frac{b}{d}\log\frac{b+d}{b} + 2\right]$$

A cette capacité C il faut encore ajouter celle

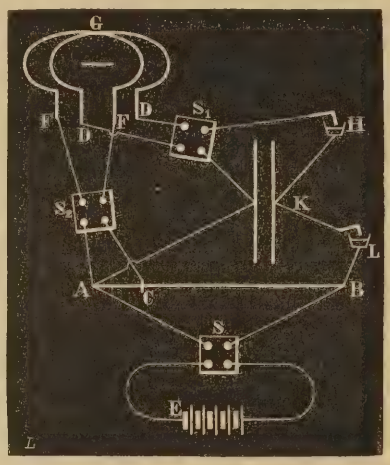


Fig. 1

du segment H K L des fils du circuit pour obtenir la capacité Q qui entre dans la formule (1). On tient compte de cette correction en posant :

$$Q = \alpha\,C$$

α étant un coefficient qu'on détermine en comparant les résistances r et r_0, qui sont nécessaires pour équilibrer le galvanomètre, lorsqu'on charge et décharge le circuit avec et sans le condensateur. Suivant la distance des deux armatures de celui-ci, α a varié entre 1,038 et 1,056.

Le galvanomètre Wiedemann était rendu astatique à l'aide de la méthode bien connue du barreau de Haüy, et son aimant avait ainsi une durée d'oscillation de 14 secondes. La première

bobine par laquelle passaient les charges et les décharges du condensateur avait 11000 tours d'un fil de cuivre de 0,1 millimètre. La seconde, traversée par une dérivation du courant constant, contenait 10000 tours de fil de maillechort de, 0,2 millimètre. On a choisi du fil de maillechort parce que la résistance R de cette bobine entre dans la formule définitive (1) ; une erreur facile à commettre dans la mesure de la température moyenne de la bobine, aura une influence beaucoup plus faible sur la valeur de R. La position des bobines pour laquelle le galvanomètre reste en équilibre était déterminée, avant et après chaque mesure, à l'aide d'un courant constant; on vérifiait de même, à de fréquents intervalles, l'isolement des bobines. La résistance de celle de maillechort fut mesurée à trois reprises et rapportée à l'unité Siemens, numéro 3619, qui avait déjà servi lors de la détermination de l'ohm ; la moyenne de ces trois mesures fut trouvée égale à 33027,5 unités Siemens à 20 degrés C.

La charge et la décharge du condensateur étaint effectuées à l'aide de l'interrupteur à diapason déjà utilisé par Klemencic. Une pointe de platine fixée à la branche supérieure du diapason ferme le circuit de charge, en plongeant dans un godet de mercure, pendant qu'une seconde pointe fixée au bras inférieur ferme celui de décharge. Les vibrations du diapason étaient entretenues électromagnétiquement et enregistrées à l'aide d'une roue phonique, portant un compteur permettant de lire le 1/60 de tour.

La mesure du nombre des oscillations du diapason se fait ainsi pendant que celui-ci fonctionne comme interrupteur.

Les résistonces R_1 étaient formées par une série de bobines en fil de maillechort enroulé bifilairement, variant de 0,25 à 20000 unités Siemens, leur somme totale étant de 111000 U. S. Les variations de ces résistances au-dessous de 0,25 U. S étaient obtenues à l'aide d'une dérivation de 1 — 5000 U. S, prise sur une bobine de 1. U. S.

Le résultat obtenu par M. Himstedt dans sa détermination de l'ohm pour l'unité Siemens numéro 3619, savoir 1 ohm = 1,0601 U. S., a servi de base à toutes les réductions en ohms.

Des expériences préalables avaient démontré que la résistance R_1 ne variait pas de 1/5000, par suite de l'échauffement produit par le passage du courant.

On a employé une batterie de 28 à 90 éléments Bunsen au bichromate, bien isolés, de manière à avoir à peu près la même sensibilité dans tous les cas.

Pour vérifier si la formule de Kirchhoff représente bien la capacité du condensateur, les mesures furent répétées en variant la distance des plateaux du condensateur de 0,2 à 0,9 c. m. ; la correction donnée par le second terme de la formule (2) varie alors de 3 à 11 o/o. Les valeurs de v trouvées dans ces différents cas ont été les mêmes.

On a obtenu de même des résultats identiques pour v, en faisant varier le nombre des oscillations du diapason de manière que celui des charges et des décharges, du condensateur, passât de 44 à 89 par seconde. Il en résulte donc que, pendant la durée d'une oscillation du diapason, le condensateur se charge et se décharge complètement.

Le tableau suivant donne le détail des mesures effectuées pour une distance des disques du con-

$d = 0,3478$ c. m.					C = 472,32		
ρ	α	E	R_1	R	r	n	$v\ 10^9$
20	1 0670	58	110839	33018	86 30	44 671	30 051
20	1 0648	58	110825	33021	169 31	87 645	30 056
20	1 0654	60	110846	14924	76 70	87 589	30 032
10	1 0651	60	110833	33026	169 52	87 595	30 037
3	1 0650	60	110835	33027	169 38	87 555	30 043
Moyenne.....							30 044

densateur égale à 0,3478 c. m. Les notations sont les suivantes.

d, épaisseur des lamelles de verre;
C, capacité du condensateur, calculée d'après la formule de Kirchhoff;
α, facteur de correction pour la capacité du circuit;
ρ, rayon du cercle passant par les lamelles de verre séparant les armatures du condensateur;
E, nombre d'éléments de pile au bichromate;
R_1, résistance A B;
R, résistance de la seconde bobine du galvanomètre;
r, résistance A C;
n, nombre d'oscillations du diapason;

Enfin les chiffres suivants sont les moyennes de toutes les séries.

d	C	v 10^9
0 2095	770 513	30 071
0 3478	472 320	30 044
0 4761	350 204	30 087
0 6139	275 870	30 082
0 9231	189 170	30 088

La moyenne de toutes ces mesures est donc :

$$v = 30{,}074{,}10^9 \text{ c. m. sec.}$$

Dr. A. P.

Rhéostat à ruban métallique, par Adolphe Grosse (1).

On a déjà souvent construit des rhéostats, permettant d'obtenir une variation graduelle de la résistance; l'appareil dont il s'agit ici présente les particularités suivantes :

Un fil de maillechort de 0,15 m. m. de diamètre est enroulé en spirale autour d'un fil de coton. On tisse ensuite, avec ce fil, un ruban, dont la largeur varie suivant les cas, en ayant soin d'isoler les diverses spires de fil les unes des autres.

Au milieu du ruban, et sur toute sa longueur, le tissu métallique est mis à nu d'un côté et se trouve en contact avec une roulette ou un curseur en métal. On obtient de cette manière, avec un ruban de 4 mètres de longueur et de 2 centimètres de largeur, une résistance pouvant varier de 0 à 1000 ohms.

Le ruban est fixé par une de ses extrémités à un axe métallique muni d'une manivelle, tandis que l'autre extrémité passe par une fente latérale de la boîte d'ébonite dans laquelle l'axe est monté. Au-dessus de cette fente, se trouve la roulette reliée à l'une des bornes de l'appareil; l'autre borne est en communication électrique avec l'axe. La résistance comprise entre les deux bornes de l'instrument diminue donc en déroulant le ruban, et augmente pendant son enroulement.

Si l'on veut avoir des résistances pouvant varier de 0 à plusieurs milliers d'ohms, on enroule, simultanément sur deux cylindres en bois, un ruban, dont la longueur et la largeur sont alors proportionnées à la résistance maximum que l'on veut obtenir.

La roulette se trouve entre les deux cylindres, et la variation de résistance s'obtient en enroulant le ruban sur l'un des cylindres, tandis qu'il se déroule sur l'autre.

Dans un appareil où le ruban avait une longueur de 6 mètres, une largeur de 4 centimètres et une résistance totale de 3000 ohms, 2 tours de tambour suffisaient à faire varier la résistance de 500 ohms, les tambours ayant un diamètre de 15 centimètres.

Dr. A. P.

Photographies d'étincelles électriques, par A. Righi (1).

M. Righi a réussi à photographier, sur des plaques sèches au gélatinobromure, à peu près toutes les apparences que présente l'étincelle dans l'air, telles qu'il les a décrites dans ses Mémoires

(1) *Annales de Wiedemann*, 1886, vol. XXIX, p. 674.

(1) Voir *Journal de Physique*, t. V, décembre 1886, d'après le *Nuovo Cimento*, t. XVIII. p. 49.

antérieurs. Il emploie une batterie de soixante-douze grands bocaux ayant chacun environ 13 d. m³ de surface ; elle peut fournir de grosses et brillantes étincelles de plus de 12 centimètres de long.

En particulier, M. Righi a pu obtenir et photographier des étincelles éclatant dans l'eau à 7 ou 8 centimètres de distance ; elles sont roses ou rouges avec de faibles charges, blanches et très éclatantes avec les fortes charges ; elles n'ont jamais d'auréole. Souvent elles sont ramifiées, comme dans l'air, ou présentent, sur toute leur longueur, de petits traits fort nombrenx se détachant à droite et à gauche comme une sorte de duvet.

M. Righi a aussi obtenu de belles photographies d'auréoles positives et négatives autour de deux électrodes, alors que la charge n'est pas suffisante pour que l'étincelle éclate ; parfois deux traits de l'auréole, d'éclat différent, se projettent l'un sur l'autre, et l'impression photographique au point de croisement est plus pâle que sur le reste du trait le plus marqué. M. Righi explique cette apparence en admettant que sur le trajet lumineux se trouve un gaz incandescent toujours le même, et doué d'un pouvoir absorbant considérable pour la lumière qu'il est susceptible d'émettre. Si la lumière émise par un trait de l'auréole à température élevée est interceptée par un autre trait à température plus basse, cette lumière sera considérablement affaiblie par suite de l'absorption. Des expériences directes ont confirmé cette interprétation du phénomène.

Emploi du microphone dans une expérience d'acoustique (1).

On peut reconnaître la position des nœuds et des ventres dans un tuyau sonore à l'aide d'un petit microphone que l'on abaisse à volonté dans le tuyau. Ce microphone est placé, avec un téléphone, dans le circuit d'une pile de deux éléments Bunsen.

Si l'on veut faire l'expérience dans un cours public, on supprime le téléphone et l'on porte à six le nombre des éléments Bunsen : en employant comme tuyau sonore un tube de verre, on aperçoit, dans l'obscurité, les petites étincelles qui partent aux extrémités des charbons du microphone, aussitôt que cet appareil entre en vibration : le microphone s'illumine aux nœuds et s'éteint aux ventres.

(1) E. Fossati, *Nuovo Cimento*, t. XVII, p. 261, 1886.

L'échauffement des électrodes dans l'air très raréfié, par A. Naccari et G. Guglielmo (1).

Les résultats obtenus dans ce nouveau travail confirment d'une manière générale les résultats établis antérieurement. A mesure que la pression diminue, l'échauffement n de l'électrode négative rapporté à l'unité de courant devient de plus en plus fort : son rapport à l'échauffement p de l'électrode positive croît jusqu'à devenir égal à 100 pour une pression voisine de 0,02 millimètre ; mais, si la pression devient encore plus faible, l'échauffement p augmente et finit par devenir au moins égal à n.

On a pris des précautions spéciales pour écarter l'influence du rayonnement de l'une des électrodes sur l'autre, et l'on a mesuré approximativement ce que pourrait être cet effet ; il devient très considérable aux basses pressions.

Enfin, on a cherché si, comme on l'avait implicitement admis, les échauffements p et n sont, pour une pression donnée, proportionnels à l'intensité i du courant ; cette étude a montré que, quand on a fait croître i et pour une pression de 0,27 millimètres, il y a un léger accroissement de n et un décroissement marqué de p.

Quand on remplace la bobine d'induction par la machine de Holtz, les effets sont différents, et aux plus basses pressions l'échauffement de l'électrode positive demeure toujours négligeable.

Sur la durée des décharges ralenties, par P. Cardani (2).

La décharge d'un condensateur éclate entre un électro-diapason et un cylindre métallique, re-

(1) *Journal de Physique*, t. V, décembre 1886, d'après le *Nuovo Cimento*, t. XVII, p. 1, 1885.

(2) *Journal de Physique*, t. V, décembre 1886, d'après le *Nuovo Cimento*, t. XVII, p. 120.

couvert d'une feuille de papier enfumé sur laquelle s'inscrivent les vibrations du diapason. La feuille est percée par l'étincelle ou la série d'étincelles constituant la décharge sur une étendue qui en mesure la durée T.

On fait varier à volonté la capacité C du condensateur et la différence de potentiel e de ses armatures; de plus, on modifie la résistance r du circuit par l'introduction d'un ou plusieurs tubes remplis d'eau. Les expériences de M. Cardani se rapportent toutes à de grandes valeurs de r; elles sont bien représentées par la formule :

$$\frac{T}{C} = r\,k\left\{1 - \left[1 - \frac{\lambda(1 - Cr)}{rk}\right]^{e}\right\}$$

k λ et C sont trois constantes.

De l'action des aimants et des agents thermiques dans l'hypnose hystérique, par A. Righi et A. Tamburini (1).

M. Tamburini avait déjà observé que, pendant la période léthargique, l'approche d'un aimant produisait, chez les personnes atteintes d'hypnose hystérique, une série de modifications de la fonction respiratoire et de la motilité.

D'expériences faites en commun, avec le plus grand soin, par MM. Righi et Tamburini, sur la dame qui avait été le principal sujet des observations de ce dernier, il résulte : 1° qu'il est indifférent d'approcher l'aimant par ses pôles ou par sa ligne neutre ; 2° qu'une masse métallique quelconque agit comme l'aimant ; 3° qu'un électro-aimant produit exactement les mêmes effets qu'il soit ou non animé par le courant ; 4° qu'un tube de verre plein d'eau froide ou d'eau chaude produit aussi des effets analogues, et que ceux-ci disparaissent quand on porte le tube à la température du corps humain.

Il semble donc que les propriétés magnétiques de l'aimant ne sont pour rien dans les phénomènes constatés. Les auteurs annoncent d'ailleurs qu'ils poursuivent ces recherches pour acquérir des notions plus précises sur le mode d'action des aimants, des corps chauds et des corps froids.

(1) *Journal de Physique*, t. V, décembre 1886, d'après le *Nuovo Cimento*, t. XVII, p. 261.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Les propriétés électriques de l'acier manganique. — A l'occasion d'une réunion récente de la *Dublin Royal Society*, le prof. W. F. Barrett a donné lecture d'une communication sur quelques propriétés de l'acier manganique.

Cet acier, tel qu'il est fabriqué par MM. Hadfield et Cie, de Sheffield, contient de 12 à 14 pour cent de manganèse. Il est très peu magnétique et le prof. Barrett a constaté que sa conductibilité électrique était très faible.

MM. Hadfield et Cie ont réussi à en faire des fils en chauffant l'acier à blanc ; après avoir traversé la filière, le fil est plongé dans de l'eau froide.

Un refroidissement subit rend ce genre d'acier plus doux, tandis qu'un refroidissement graduel le trempe. Le prof. Barrett a ainsi obtenu des fils de 0,98 millimètres, soit à l'état de métal doux, soit trempés.

Sa résistance électrique était d'environ un ohm par mètre. La résistance spécifique en unités C. G. S. est de 77,000. Celle du fer ordinaire n'est que de 9800 et celle du maillechort de 21170 unités C. G. S.

Le prof. Barrett en conclut que l'acier manganique pourrait être utilisé pour la confection des résistances artificielles, spécialement pour les installations d'éclairage électrique.

Après avoir soumis cet acier à la force magnétisante la plus puissante, M. J.-J. Bottomley a trouvé son intensité d'aimantation égale à 2,55 unités C. G. S ; en d'autres termes, l'intensité d'aimantation était de 0,013 unité C. G. S. par gramme.

Avec l'acier ordinaire, on obtient de 40 à 90 ou même 100 unités C. G. S. par gramme, de sorte que si l'acier ordinaire de qualité moyenne donne 100,000, l'acier manganique donnera seulement 20.

M. Barrett a également déterminé l'aimantation induite dans un champ magnétique uniforme.

Si le coefficient d'aimantation induit du fer ordinaire est 100,000, celui de l'acier manganique ne serait que de 300. Il suffit d'un effort minime pour en déplacer un morceau dans un champ

magnétique très puissant; à cause de cette faible susceptibilité magnétique, le professeur Barett propose de s'en servir pour la construction des bâtis de dynamos et pour les plaques de cuirassés. Des navires construits avec ce genre d'acier ne provoqueraient aucune déviation des boussoles.

Le fil trempé de 0,98 millimètres a une tenacité de 110 tonnes par pouce carre ou de 173,5 kilogrammes par millimètre carré. La tenacité du fil d'acier ordinaire est de 80 à 100 kilogrammes par millimètre carré. Les meilleurs fils d'acier pour cordes de pianos sont les seuls dont la tenacité soit supérieure à celle du fil d'acier manganique.

La tenacité du fil doux n'est que de 48 tonnes par pouce carré, avec un allongement de près de 20 o/o.

Le module d'élasticité est inférieur à celui du fer forgé; il est en moyenne de 16,800 kilog. par millimètre carré pour le fil trempé, et moins encore pour le fil doux. Le module d'élasticité pour le fil d'acier ordinaire est de 18810 kilog. par millimètre carré et de 18610 pour le fil de fer. Malgré sa tenacité énorme, l'acier manganique subit donc des déformations élastiques plus considérables que l'acier sous l'action de tensions subites, et tant que la limite d'élasticité n'est pas dépassée. On peut également en obtenir de bonnes pièces de fonte.

Un batteur de mesure élsctrique. — A la première représentation du nouvel opéra comique de MM. Gilbert et Sullivan, au Savoy-Théâtre, le compositeur Sir Arthur Sullivan dirigeait l'orchestre lui-même et, dans une scène de nuit, son bâton était éclairé au moyen d'une petite lampe à incandescence qui y était attachée.

On avait eu recours à cette disposition, pour permettre aux acteurs de suivre les mouvements du bâton dans l'obscurité. La lampe était alimentée au moyen de fils fins allant tout le long du bâton.

Ce théâtre est éclairé entièrement à l'électricité. ce qui le rend un des plus agréables de Londres.

La lumière électrique a l'Olympia. — La troupe de l'Hippodrome de Paris, donne actuellement des représentations à l'*Olympia*, auxquelles tout Londres s'empresse d'accourir. L'*Olympia* est un grand bâtiment nouvellement construit près de la gare d'Addison Road, à Kensington, dans la partie ouest de Londres. La grande salle ou le cirque a 132 mètres de long sur 75 de large. La toiture est formée d'un seul arc dont le sommet est à 30 mètres au-dessus du sol. Il y a en outre une salle plus petite et un grand nombre de bureaux, ainsi que des écuries pour les chevaux, des restaurants, etc. Le bâtiment est éclairé à la lumière électrique. Les dynamos sont installées entre les deux salles dans un sous-sol, qui a 12,6 m. de long sur 9 de large; les chaudières occupent une surface de 57,6 m. carrés. Il y a 4 dynamos de 40 *units* (1), 2 machines à vapeur de 200 chevaux chacune, et trois chaudières également de 200 chevaux.

Les chaudières sont du même genre que celles employées par la marine, elles sont construites en acier doux Siemens-Martin. Comme essai préliminaire pour s'assurer que les plaques des foyers ne se trempent pas lorsque les chaudières fonctionnent, on les a soumises à l'essai suivant : Des bandes coupées dans ces plaques ont été chauffées au rouge cerise et plongées dans de l'eau à 28° C et ensuite pliées à froid dans une presse sans déchirements, sous une courbure dont le rayon intérieur avait une fois et demie l'épaisseur de la plaque. Les tubes sont en fer, et d'un diamètre intérieur de 7,5 centimètres.

Les machines, comme les chaudières ont été construites par MM. Davey-Paxman et Cie, de Colchester. Les premières sont des machines horizontales, avec une poulie de 2,1 m. de diamètre à chaque extrémité de l'arbre. Chaque machine actionne directement deux dynamos au moyen d'une courroie double en cuir ayant 23 c. m. de large. Les machines marchent à une vitesse normale de 100 tours par minute, et avec une pression de vapeur de 6,8 atmosphères.

Les dynamos sont des machines Compound à courant continu, qui donnent chacune 600 ampères à 66 volts, à une vitesse de 390 tours par minute. Elles ont été construites par MM. Siemens et Cie; elles sont du type 1/2 HB. Ces électros sont placés sous l'induit, les noyaux et les pièces polaires sont en fer forgé.

L'installation comprend 1000 lampes à incandescence de 17 bougies à 60 volts et 62 lampes à arc dont 4 servent pour l'éclairage extérieur de l'édifice et 58 pour l'éclairage du cirque. Toutes les lampes sont reliées en un seul groupe de

(1) Les anglais désignent sous le nom de *unit*, une unité pratique de puissance, égale à 1000 watts.

dérivations, et ont été installées par *l'Anglo-American Brush C°*.

Les foyers à arc du cirque sont disposés en 9 groupes de 6 lampes; chacune exige 12 ampères. Chaque groupe de six lampes est couvert d'une lanterne en verre opaque et munie de réflecteurs en verre. Les groupes sont suspendus au moyen de cordons en fils de cuivre nus, et peuvent être descendus jusqu'à terre pour en faciliter l'inspection.

Nous pouvons ajouter qu'on se propose également d'éclairer le pavillon de Brighton au moyen d'accumulateurs. On estime qu'une batterie de 106 éléments suffira pour éclairer la salle des banquets, les corridors et un des salons. L'emploi des accumulateurs se recommande, dans ce cas, parce qu'ils permettent d'emmagasiner l'électricité, de sorte qu'on aura toujours une certaine force sous la main en cas de besoin, sans avoir à mettre les machines en mouvement. On a calculé qu'une machine de 40 chevaux sera suffisante pour 600 lampes.

Un accident mortel. — Une enquête a été ouverte sur les circonstances qui ont amené la mort d'un jeune homme de 17 ans, Richard Groves, au moment où il était occupé à couper l'un des fils électriques venant de l'usine centrale de la *Grosvenor Gallery*. Plusieurs explosions accompagnées de flammes ayant eu lieu dans une maison particulière de Regent Street, éclairée à la lumière électrique, par cette usine, M. Mortimer Davis qui tient un bureau de tabac dans le n° 84 du Regent Street, et dont le magasin est également éclairé par la même usine, attribuant ces accidents aux fils électriques, donna l'ordre à son garçon de bureau Richard Groves, de couper le circuit avec une paire de ciseaux. Le jeune homme monta sur le toît, et un instant après les explosions cessaient, mais presque aussitôt le jeune homme tomba de son toît, d'une hauteur de 18 mètres, et se tua sur le coup.

Une première enquête a établi qu'il avait bien coupé le fil, mais on ne savait pas au juste s'il avait été tué par suite d'un choc électrique, ou bien en tombant par mégarde. Le colonel Armstrong a prouvé à l'évidence que si le circuit avait été bien isolé, aucun accident ne pouvait arriver par suite de la rupture du fil. Tout dépendrait donc de l'état de l'isolation des fils à ce moment.

Le colonel a déclaré également avoir vu des hommes recevoir des chocs violents, laissant même des marques visibles sur la peau, sans que la mort s'en suivit.

Le Dr Kempe, a attribué la mort à une fracture du crâne. Le jury a déclaré que les preuves n'étaient pas suffisantes pour décider si le jeune homme avait reçu un choc, ou bien s'il avait perdu pied; il est possible que les deux causes aient été mises en jeu, et qu'il ait reçu un choc qui lui a fait perdre l'équilibre.

Le poteau télégraphique de M. Gilbert. — Les dégâts récents causés par les tourmentes de

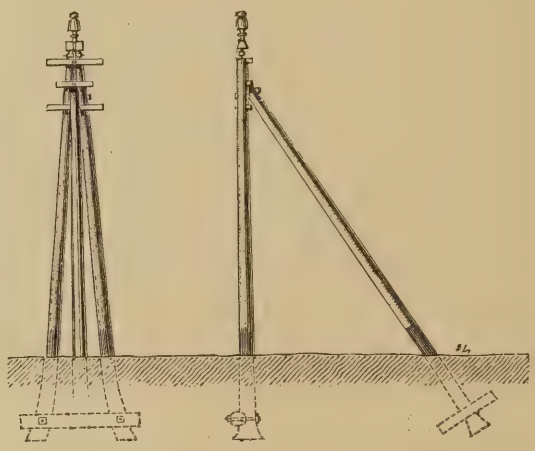


Fig. 1.

neige aux lignes de ce pays, a attiré l'attention sur un poteau télégraphique imaginé par M. A. Gilbert, le directeur des télégraphes de la Highland Railway Cie. Ce poteau a été essayé au Japon par l'inventeur, qui l'a construit en vue de résister aux typhons et aux tourmentes de neige.

Ces poteaux sont actuellement employés sur les chemins de fer de l'Écosse, où il y a souvent de fortes tourmentes de neige. Dans les courbes roides, M. Gilbert emploie un seul poteau avec des tenseurs; tous les autres poteaux sont en forme d'A, c'est-à-dire, formés de deux poteaux écartés à la base et se réunissant au sommet; la figure 1 représente un de ces poteaux en A, muni d'une entretoise. Cette dernière n'est cependant ajoutée qu'à un seul poteau sur huit ou dix, afin d'arrêter les fils qui pourraient céder dans cet intervalle.

Les joints pour les fils d'éclairage électrique. — MM. W. J. Glover et Cie, de Manchester, fabricants de fils et câbles électriques, ont introduit un nouveau type de joint pour les conducteurs de lumière électrique, qui permet de réunir un certain nombre de conducteurs de différentes dimensions sans laisser aucune trace visible. On réunit les fils avant d'appliquer la matière isolante, de sorte que les jonctions ont la même épaisseur et la même isolation que le reste du câble. Les fabricants donnent le nom de *taper câbles* aux conducteurs munis de ce système de joints.

J. Munro

États-Unis

Nouvelle combinaison télégraphique. — Dans les télégraphes du système Morse, qui sont encore le plus généralement employés, les appareils servant à la transmission et à la réception des dépêches comprennent un parleur, avec ou sans relais, un manipulateur ou clef d'ouverture et de fermeture du circuit, et un commutateur combiné avec ce manipulateur, de façon à pouvoir être manœuvré par la main même de la personne qui fait marcher ce dernier.

Le rôle de ce commutateur est, on le sait, d'établir ou de rompre la communication entre la ligne et la terre, selon que l'opérateur reçoit ou transmet une dépêche.

Un nouveau système de télégraphe, différant légèrement de celui de Morse, a été imaginé récemment par M. John Absterdam. Ce système, pour lequel les commutateurs ordinaires sont insuffisants, comprend une pile à chaque extrémité de la ligne avec les pôles semblables opposés. Quand la ligne entre en fonction, la pile de la station expéditrice est mise hors du circuit, tandis que le contact du manipulateur transmetteur est relié avec le sol, de sorte qu'en faisant fonctionner le manipulateur, les signaux sont produits à la fois par la pile du récepteur et par le relais de la station expéditrice. Le but de cette combinaison est de contrôler l'exactitude des dépêches, sans avoir recours à une transmission nouvelle ; car il est évident que les signaux produits par le relais du transmetteur sont identiquement les mêmes que ceux produits par le relais du récepteur.

Pour arriver à ce résultat, on fait usage d'un commutateur d'un genre spécial, dont nous allons décrire le fonctionnement.

Le diagramme figure 2 représente une application de ce système avec les deux piles opposées et dans le cas d'une station intermédiaire. Le manipulateur modifié des deux stations extrêmes est représenté à une plus grande échelle dans les figures 3 et 4 qui en sont, l'une, une vue en plan, l'autre, une section.

Pour faciliter la description, nous supposerons que New-York et Boston sont les stations extrêmes et Hartford la station intermédiaire.

A chaque station extrême, l'appareil se compose d'une pile B, C, d'un relais-parleur D, E, d'un manipulateur F, G et d'un commutateur.

Après avoir passé par le récepteur, le courant circule dans le manipulateur, d'où il se rend au levier H du commutateur, qui est toujours en contact métallique avec le levier du manipulateur, soit par une jonction spéciale, soit par la plaque métallique qui le supporte.

Du contact isolé *a*, part une bande métallique *b*, également isolée de la base métallique. Lors donc que le levier du commutateur est tourné de façon à entrer en contact avec la bande *b*, le courant arrive au contact et les conditions du circuit ne sont pas affectées par la manœuvre du manipulateur.

Le levier H est relié avec un disque K en matière isolante, sur lequel deux bandes métalliques en croix *d*, *e* sont placées dans des positions différentes. Sur la plaque de base *c* se trouvent des arrêts ou contact isolés de cette dernière et avec lesquelles les bandes *d*, *e*, sont mises en contact pendant le mouvement du disque K. Un de ces contacts *f* est relié avec le contact isolé *a*, tandis que *g* est relié avec le pôle de la pile B communiquant avec la ligne, et il est placé dans une position telle que, lorsque une extrémité de la bande *d* repose sur le contact *f*, l'autre repose sur le contact *g*. Un troisième contact *h*, relié avec le sol et avec le pôle de terre de la pile B, est placé de telle sorte que la bande *e* établisse à la fois le contact avec *f* et *h*.

La disposition est la même à chaque station extrême. A l'état normal, les deux commutateurs sont placés de telle sorte que les pôles semblables des piles sont à la ligne, mais en opposition.

Lorsqu'un télégraphiste de Boston veut communiquer avec New-York, il tourne son commutateur à droite, jusqu'à ce que le levier H ait quitté le bras *b* et qu la bande *e* couvre les con-

acts *f* et *h*. Cette opération met la pile B hors d'action, interrompt la ligne, et relie le contact *a* avec le sol. En faisant fonctionner le manipulateur, les signaux sont transmis par la pile C et les relais ou appareils récepteurs marchent à l'unisson.

Sans modifier la construction du commutateur, on peut l'appliquer à une station intermédiaire, en y établissant des communications convenables.

Supposons, sur notre figure, que la ligne pénètre dans une station intermédiaire (fig. 2) par la clef *k*, et la quitte par la clef *l*; *k* est relié au contact *l'* qui se trouve sur le parcours du levier *l*, par un fil de jonction *m*, qui isole entièrement la station intermédiaire lorsque le bras *l* couvre le contact *l'*. Mais du fil *m* part un autre fil *m'* qui conduit à un relais L et de là au manipulateur et au levier du commutateur proprement dit. Le contact *a'* du manipulateur B' est relié avec un contact isolé *b'* sur le parcours du bras *l*, de sorte que si le commutateur est tourné de façon à amener le levier H' sur le bras C', et que le levier *l* soit en contact avec *b'*, le courant passe

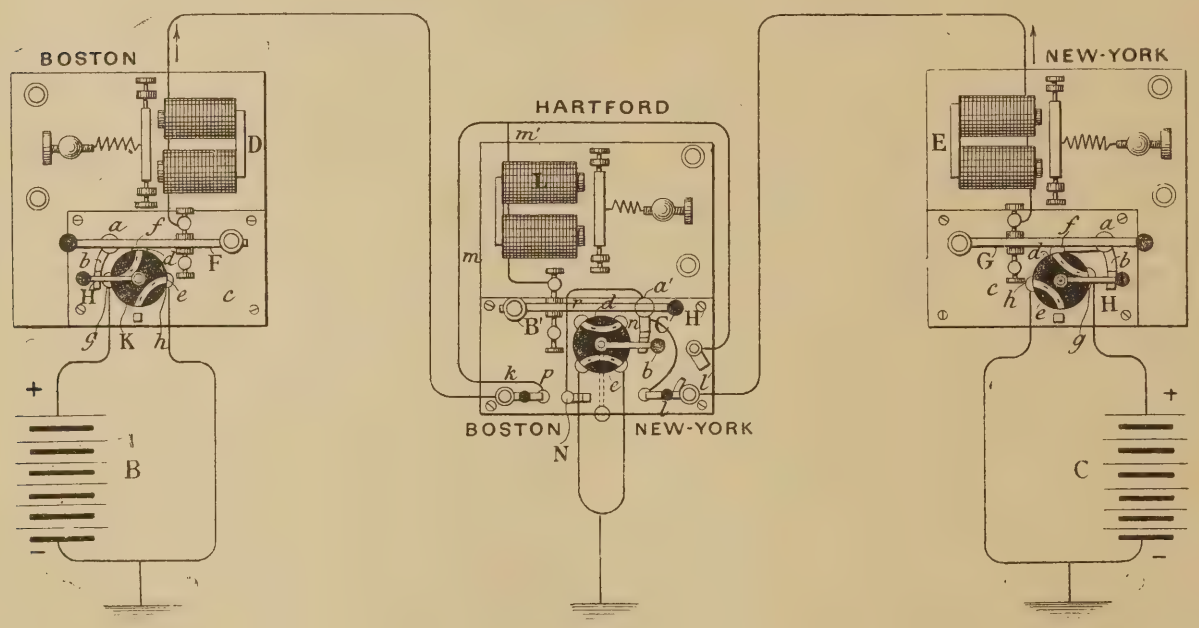


Fig. 2

par l'appareil de la station intermédiaire et tous les signaux qui sont transmis sur la ligne font jouer le relais L.

Si le télégraphiste de la station intermédiaire, Hartford, désire télégraphier à Boston, par exemple, il tourne le levier H' jusqu'à ce qu'il abandonne le bras C' et que les bandes *d' e'* couvrent respectivement les contacts *n o* et *p r*, mais en ayant soin de maintenir le levier H' hors de contact avec l'arrêt isolé N.

Dans cet état de choses, la pile de New-York est mise en communication avec le sol par un fil *p'* (fig. 5), allant du contact *b'* au contact *a'*, de là à l'arrêt N par le fil *o'*, puis par les fils *n'* aux bandes *d' e'* et enfin au sol. Le contact *a'* étant relié avec le sol et le circuit de Boston interrompu, la manœuvre du manipulateur transmet les signaux à Boston par la pile qui s'y trouve.

Pour télégraphier de la station intermédiaire à New-York, la clef *k* est tournée de manière à interrompre le circuit, et la clef *l* est amenée en contact avec le circuit l'; le levier H', de son côté, est tourné dans une position telle que le contact *a'* se trouve en communication avec le sol, c'est-à-dire que les arrêts *n r* sont reliés respectivement avec les arrêts *o p*, par les bandes *d e*, tandis que le levier H' n'est plus sur le contact de l'arrêt N. Si l'on manœuvre le manipulateur B', la pile de New-York entre en fonction, et les signaux sont produits par le relais L et par celui de New-York.

De cette manière, les signaux de la station intermédiaire peuvent être transmis aux deux stations extrêmes, au moyen de la pile de la station d'où ils partent.

Cette disposition peut encore être employée de

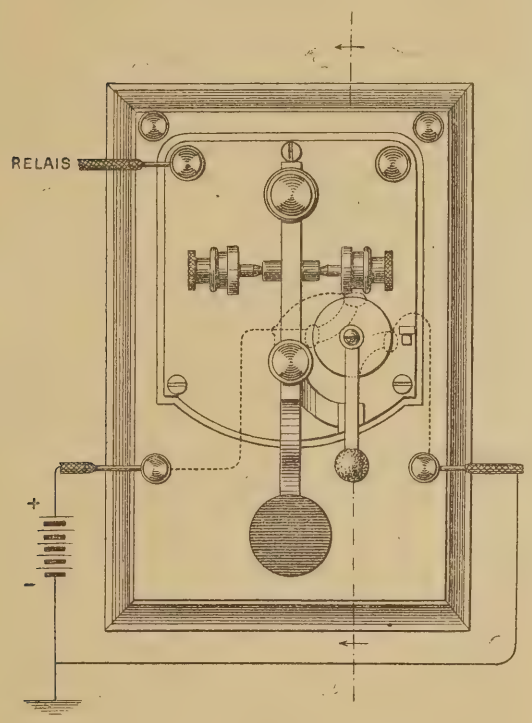


Fig.

diverses manières et pour d'autres objets. Par exemple, les piles extrêmes peuvent être, l'une ou l'autre, ou toutes deux, reliées avec le sol à la station intermédiaire; ou bien la ligne peut être

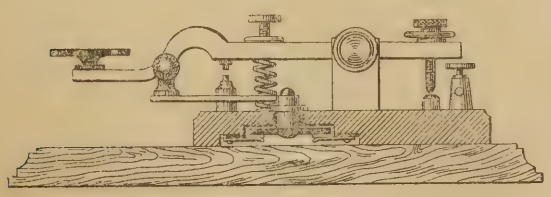


Fig. 4.

complétée en la faisant passer par la station intermédiaire, et interrompue par la manœuvre du manipulateur; la description qui précède suffit d'ailleurs pour qu'on se rende aisément compte de ces modifications.

Comme on le voit figure 5, les stations extrêmes et la station intermédiaire sont pourvues de protecteurs contre la foudre et contre l'orage.

Les avantages de cette méthode, au dire de l'inventeur, sont qu'elle simplifie la construction de l'appareil, de telle sorte que la manière de faire fonctionner les instruments est pratiquement la même que dans les systèmes ordinaires; toutes les opérations nécessaires pour les changements

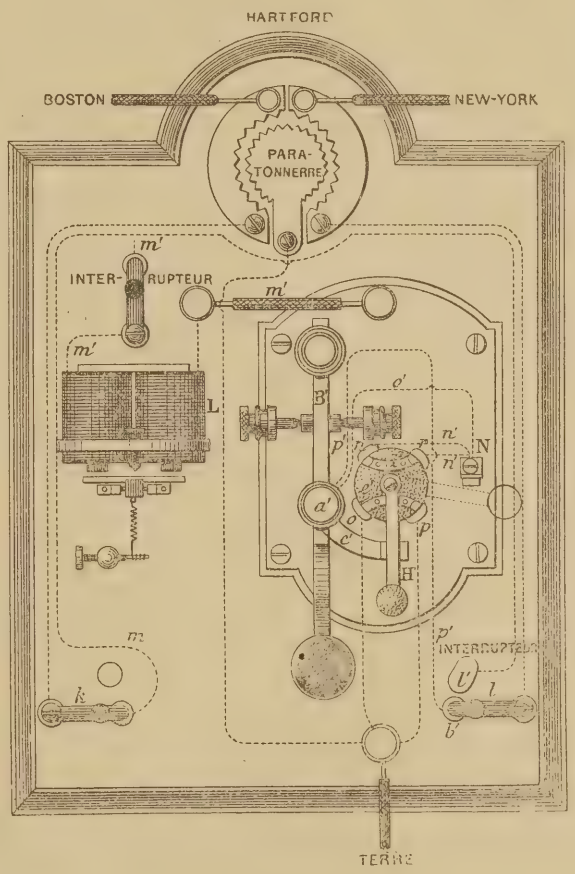


Fig. 5.

de contacts se réduisent à de simples mouvements de levier.

Du rôle de l'aluminium dans les couples voltaiques. — Dans un mémoire lu devant la section d'électricité de *l'American Institute*, le Dr Van der Weyde décrit quelques expériences qu'il a faites, et dans lesquelles il a constaté le rôle bizarre que pouvaient jouer des plaques d'aluminium employées comme électrodes dans une pile. Nous citerons le passage de ce mémoire

dans lequel l'auteur fait allusion à ces expériences.

« En me servant d'une pile de Grove, j'eus l'idée, il y a vingt-cinq ans, de substituer des plaques d'aluminium aux plaques plus coûteuses de platine, dans les vases poreux contenant l'acide nitrique. Le résultat que j'obtins me démontra que l'aluminium ne jouait pas seulement le rôle d'électrode insoluble dans l'acide nitrique.

« Les plaques d'aluminium ne donnaient lieu à aucune décomposition d'acide nitrique, comme le faisait le platine; la combinaison était à peu près inerte, et je l'abandonnai. J'aurais dû prévoir ce résultat, attendu que l'aluminium appartient à l'autre extrémité de la série donnée par Berzélius des éléments positifs et négatifs : le carbone, le platine, l'argent, etc., étant négatifs, tandis que le potassium, l'aluminium et le zinc sont positifs; on ne pouvait guère attendre de courant de substances positives toutes deux. J'ai cependant vu, depuis lors, imprimer plus d'une fois que des plaques d'aluminium pouvaient être employées pour cet objet, et pour moi, il est évident que les personnes qui ont livré cette affirmation à la publicité, n'ont jamais construit ni expérimenté une batterie semblable.

« Mais j'ai découvert à cette occasion un cas singulier de conductibilité unipolaire : lorsqu'on emploie comme électrodes, pour la décomposition de l'eau acidulée, dans un voltamètre, une électrode de platine et une électrode d'aluminium, et que l'on relie cette dernière avec le pôle zinc d'une pile de force modérée, le développement des gaz continue normalement et la force du courant est telle qu'on pouvait l'attendre. Mais si le courant est renversé, de telle sorte que l'hydrogène se développe sur l'électrode de platine, le courant est alors très faible, il n'a pas la dixième partie de l'intensité qu'il avait auparavant, et l'évolution de gaz est diminuée en proportion.

« Je sais que ce phénomène se produit avec une plaque de fer ou de tout autre métal facilement oxydable; mais alors une oxydation très puissante a lieu sur la plaque reliée avec le pôle zinc de la batterie, et le courant ne diminue pas subitement, mais graduellement.

« Au contraire, dans l'expérience faite avec l'électrode d'aluminium, le maximum de résistance s'est développé tout à coup et on ne trouva pas le moindre changement, lorsqu'on a renversé le courant à plusieurs reprises. On n'a pas non plus remarqué trace d'oxydation sur la plaque d'aluminium, qui est restée brillante.

« J'attribue ce phénomène à la production instantantanée, à la surface de l'aluminium, d'une couche invisible d'oxygène, qui disparaît en formant de l'eau, lorsque le courant est renversé et que l'hydrogène se dégage.

« Il me semble que cette manière de se comporter de l'aluminium, lorsqu'on l'emploie comme électrode négative, explique une fois de plus pourquoi la substitution de l'aluminium au platine, dans la pile de Grove, a échoué.

« Dans cette pile, l'oxygène nécessaire pour l'oxydation du zinc est mis en liberté dans le vase poreux par la décomposition de l'acide nitrique qui y est contenu, et il est emporté au zinc par le courant.

« Si l'aluminium a la propriété de condenser instantanément à sa surface une couche d'oxygène mouvais conducteur, ou d'absorber de l'oxygène à sa surface, il empêche le courant d'emporter cet oxygène au zinc, qui, dans ce cas, ne saurait s'oxyder, comme le démontre surabondamment l'exemple de la pile dont nous venons de parler.

« Toutefois, cette oxydation peut être provoquée subitement en mettant en contact une bande de platine, immergée dans l'acide d'un élément, avec la plaque d'aluminium, car alors cet élément entre immédiatement en activité.

Le tramway électrique Julien a New-York. — Pendant une semaine, New-York a joui du spectacle nouveau d'un tramway marchant sans le secours des chevaux ou de la vapeur, la force motrice étant fournie par des accumulateurs et par un moteur électrique.

Le système employé est celui de M. Edmond Julien, bien connu des lecteurs de *La Lumière Électrique*, qui a déjà publié la description de ce système, lors de l'application qui en a été faite par M. F. Uppenborn aux tramways de Hambourg.

La voiture employée, représentée figure 6, est de construction américaine ; elle a figuré l'année dernière à l'exposition d'Anvers. Après avoir subi des modifications à Bruxelles, elle a été réexpédiée aux Etats-Unis, où elle est arrivée tout récemment.

Pour son premier trajet, la voiture a parcouru sans accident une distance de 16 kilomètres, sous les yeux d'un nombreux public qui s'intéresse vivement à ces expériences.

Une compagnie s'est formée ici pour l'exploitation de ce système, sous le nom de *Julien Electric Company ;* elle a déjà commencé la fabrication des accumulateurs de M. Julien.

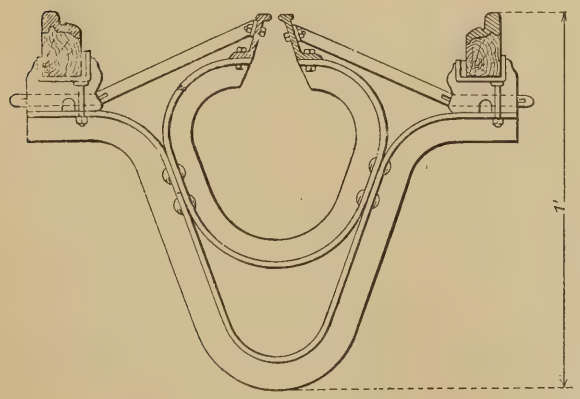
COMPARAISON DES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES ET FUNICULAIRES. — Le principal concurrent des chemins de fer électriques, étant actuellement le système funiculaire, il ne sera pas sans intérêt de comparer les deux systèmes au point de vue pratique, tant pour les frais de l'établissement que pour ceux de l'exploitation.

Fig. 6

Il y a actuellement environ 140 kilomètres de chemins de fer funiculaires en exploitation aux Etats-Unis, tant à New-York qu'à Philadelphie, à Chicago, à Kansas City, à San Francisco, etc. Plus de la moitié ont été construits dans le courant des cinq dernières années, et l'expérience faite dans cette période est amplement suffisante pour fournir une base de comparaison solide.

En ce qui concerne les frais de premier établissement, d'après les renseignements fournis par un ingénieur entendu, une ligne funiculaire à double voie, établie d'après le système le plus perfectionné, avec rails posés sur traverses, coûterait (déduction faite des frais de pavage) 203 000 francs le kilomètre; ou si l'on y ajoute une somme de 78 000 francs pour pavage de première classe, les frais s'élèveront à 281 000 francs par kilomètre de voie.

Avec un chemin de fer électrique, et en employant le système des conducteurs souterrains, les frais d'une ligne à double voie, d'après les devis faits pour New-York, s'élèveraient à 65 600 francs par kilomètre, et si l'on y ajoute, pour le pavage, la somme admise pour le chemin de fer funiculaire, soit 78 000 francs, on arrive à un total de 143 600 francs, soit environ la moitié de ce que coûte le système funiculaire.



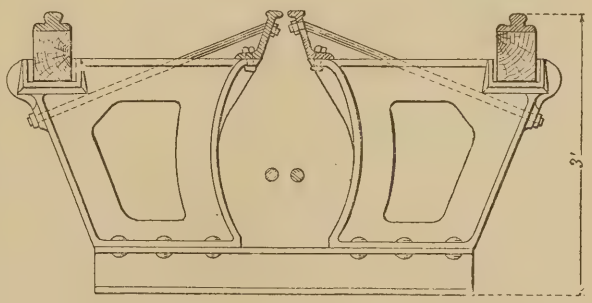


Fig. 7 et 8.

Si l'on compare les voies de ces deux systèmes, telles qu'elles sont représentées sur les figures ci-jointes, on comprendra la raison de cette forme différence.

Les figures 7 et 8 représentent des sections de la voie des lignes funiculaires de New-York et de Chicago, et la figure 9 une section de la voie

qui sera employée à New-York pour les chemins de fer électriques.

Pour les voies funiculaires, il est nécessaire de creuser une tranchée de 1 mètre à 1,50 m. de

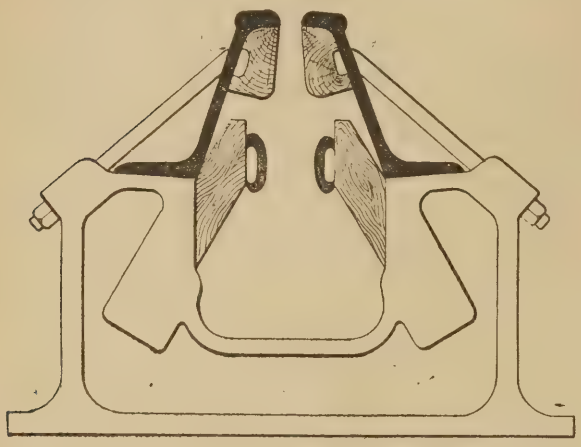


Fig.

large, et, si l'on a affaire à des voies déjà existantes, il faut enlever les traverses et renouveler la voie.

Avec le système électrique, rien de semblable,

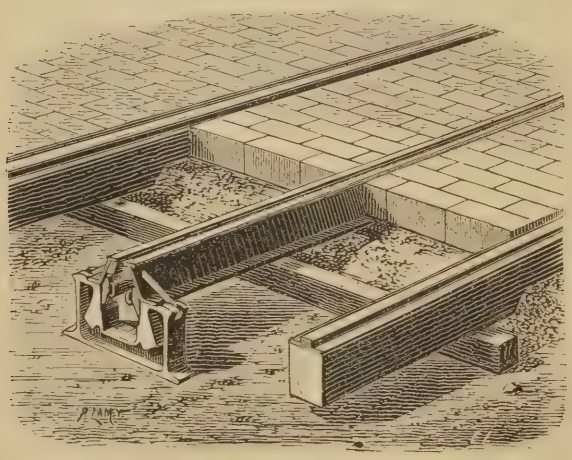


Fig. 10

il n'est pas nécessaire de changer les traverses ou la voie; c'est une considération qui plaide déjà fortement en sa faveur. Il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux sur la figure 10, qui est une vue en perspective d'une partie complète de ce genre de voie.

J. Wetzler.

VARIÉTÉS

L'éclairage électrique au moyen des lampes à incandescence à faible résistance de M. Bernstein.

Nos lecteurs se rappellent, sans doute, la conférence que M. Bernstein a faite, le printemps dernier, à la Société des Électriciens et des ingénieurs télégraphistes de Londres [1], et dans laquelle il a exposé son nouveau système de lampes à incandescence à faible résistance, et les appareils accessoires qui en permettraient l'application pratique.

Depuis, M. Bernstein a continué à perfectionner son système, précisément dans les dispositifs accessoires, commutateurs, appareils de sûreté, qui, dans une installation pratique, contribuent pour une large part au bon fonctionnement du système.

Nous devons à l'obligeance de l'inventeur de pouvoir donner une translation d'une seconde conférence qu'il a faite dernièrement devant le Comité de la même Société, auquel il a présenté un certain nombre de perfectionnements de son système.

Les études de M. Bernstein constituent l'essai le plus sérieux, en vue de remplacer la disposition d'Édison, et celles qui en sont dérivées, par la disposititon en série ; elles ont soulevé le plus grand intérêt en Angleterre. Nous pensons que les électriciens français y donneront quelque attention.

« Le nouveau système comprend, comme nous le savons, une dynamo à courant continu, et d'une force électromotrice élevée, des conducteurs pour une intensité de courant de 10 ampères et une forte différence de potentiel, des lampes construites spécialement pour cette intensité, des commutateurs et un dispositif de sûreté pour empêcher l'interruption du circuit en cas d'accident à l'une des lampes. Tels sont les principaux organes du système.

« Pour mes essais, j'ai fait construire trois modèles de dynamos de 300, de 600 et de 1000 volts, à la maison de MM. Elwell-Parker ; les deux premiers modèles sont actuellement terminés. Ces dynamos ont des armatures et des collecteurs du système Gramme, avec des électro-aimants en dérivation.

(1) Voir *La Lumière Électrique*, vol. 2, 1886, p. 83

« Les résultats obtenus jusqu'ici au point de vue de la constance du courant sont très satisfaisants et seront publiés prochainement par MM. Parker. j'ai préféré les dynamos Gramme à celles de Brush et de Thomson-Houston, parce que le courant de ces dernières n'est pas absolument continu, mais plutôt ondulé, et qu'en outre, ces machines ne transforment pas la puissance mécanique en énergie électrique avec autant d'économie que la dynamo Gramme perfectionnée.

« Je suis encore arrivé à la conclusion que, pour de très longs circuits, il est plus avantageux de coupler ensemble deux dynamos de 1000 volts chacune, que de se servir d'une seule dynamo de 2000 volts ; car, dans les systèmes qui comportent des lampes groupées en séries, la première condition est d'avoir une isolation parfaite.

« La partie la plus dangereuse de ces systèmes est donc la dynamo, où la différence de potentiel atteint un maximum.

« En réduisant cette différence de potentiel de moitié, on réduit le danger des trois quarts. Une tension de 1000 volts à chaque dynamo, ne présente aucune difficulté, et on peut rendre l'isolation parfaite, dans la machine même, ou entre celle-ci et la terre.

« La disposition en série ne présente aucune des difficultés entraînées par le couplage de plusieurs dynamos en dérivation.

« En outre, l'emploi de deux dynamos de 1000 volts du type Gramme reliées en série présente encore cet avantage, que deux machines de ce genre reviennent actuellement moins cher que n'importe quelle dynamo de 2000 volts. Ceci paraît étrange, après tout ce qui a été écrit sur l'avantage des machines dynamos puissantes, mais le fait est incontestable.

« Il y a peu de chose à dire au sujet des conducteurs. Je pourrais cependant mentionner que le règlement publié par la compagnie d'assurances *le Phénix*, pour les conducteurs des courants à haute tension, est extrêmement vague ; il indique seulement que les fils doivent être éloignés de 15 à 30 centimètres au moins l'un de l'autre.

« Il est certain que la différence de potentiel entre les fils qui amènent le courant à chacune de ces lampes, ne peut, dans le cas qui nous occupe, jamais dépasser 10 volts, et ces conducteurs présentent beaucoup moins de danger, même s'ils sont placés côte à côte, que les fils dans un système en dérivation, dans lequel il y a partout une différence de potentiel de 100 volts.

« Une autre question, soulevée par les conducteurs, est celle de la protection à leur donner, en les plaçant dans des conduits en bois.

« Il est évident que la distance entre deux fils doit être réglée selon leur différence de potentiel.

« Les conducteurs dont je me sers ici peuvent être traités à peu près comme les tuyaux de gaz : ils courent souvent, dans les usines, moins de risques d'être endommagés quand ils sont à découvert que quand ils sont dissimulés. J'ai remarqué avec plaisir que cette manière de voir semble gagner du terrain aux États-Unis.

« Quant à la lampe, elle n'a subi aucune modification extérieure importante, depuis le jour où je l'ai présentée à la *Society of Telegraph Engineers*.

« En réalité, il a fallu renoncer à l'ancien procédé de fabrication du charbon, à cause du jugement obtenu par la compagnie Edison-Swan dans l'affaire du brevet Sawyer, et il a fallu imaginer des procédés nouveaux pour produire un charbon dur et dense ayant une section uniforme.

« La lampe a donné tout ce que j'en espérais et celles que vous avez sous les yeux ont fourni plus de mille heures d'éclairage sans être noircies en aucune façon.

« Elles n'absorbent pas aujourd'hui plus de chaleur qu'au commencement, pour la production de la même quantité de lumière. Ceci est un point très important si l'on considère que, d'après les essais faits par le *Franklin Institute*, les lampes ordinaires à grande résistance demandent, après 1000 heures d'éclairage, presque le double de chaleur, pour produire la même quantité de lumière qu'à l'origine.

« Considérons maintenant la partie la plus importante et la plus délicate du système en série, c'est-à-dire les moyens d'empêcher des interruptions du circuit, en cas d'accident à une lampe.

« Pour y arriver, il a toujours fallu jusqu'à présent avoir recours à des dispositifs très compliqués, qui constituaient le plus grand inconvénient du système.

« J'ai surmonté cette difficulté de la manière suivante : je place deux petites pièces de métal formant dérivation sur chaque lampe, et je les sépare au moyen d'une mince couche d'une composition métallique formée, par exemple, d'un mélange d'oxyde de mercure mélangé avec du charbon en poussière.

« Si la lampe est dans son état normal, cette dérivation ne sera traversée que par un courant très faible, car sa résistance est d'environ 500 ohms; mais si la lampe casse, sa résistance augmente très rapidement et la dérivation sera parcourue par un courant plus considérable. Celui-ci produit alors dans la couche d'oxyde de mercure un dégagement de chaleur suffisant pour déterminer une réduction instantanée de l'oxyde et former une certaine quantité de mercure métallique.

« Il se forme donc ainsi un circuit de faible résistance suffisant pour la totalité du courant, et toute interruption du circuit devient impossible.

Ces appareils sont construits en forme de cône (fig. 1), et adaptés à un commutateur, ainsi que nous le verrons tout à l'heure.

« Ces contacts jouent donc, dans le système en

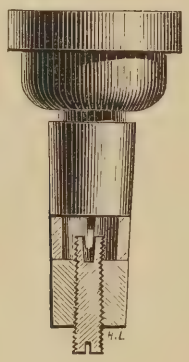


Fig. 1.

série, le même rôle que les fils fusibles dans le système en dérivation ; mais ces derniers coupent les divers circuits, quand le courant devient trop intense, tandis que nos contacts, établissent au contraire, un nouveau circuit dans les mêmes conditions.

« L'emploi de ces contacts constitue un exemple intéressant de la substitution d'une action chimique très simple à un appareil mécanique compliqué.

« Il résulte de la nature même de ces contacts, qu'ils doivent être remplacés chaque fois qu'ils ont servi, mais, comme il n'y a d'usé que la composition métallique, ce renouvellement n'entraîne qu'une dépense absolument insignifiante.

« Il me reste maintenant à décrire *le commutateur* (fig. 2 et 3), que j'ai imaginé pour ce système, et qui peut être désigné comme un commutateur de mise en court circuit. Tous les organes actifs en sont fixés à l'intérieur d'un petit cylindre en ébonite fermé aux deux extrémités, de manière à rendre tout accident impossible.

« Quatre segments sont fixés à l'intérieur de ce cylindre; à ces segments aboutissent les fils de ligne et les fils de la lampe. Une tige centrale isolée de tous les organes actifs porte un manche en ébonite, qui sort à l'extérieur de la boîte, et deux pièces intérieures en métal qui, dans une certaine position du manche, mettent les fils de ligne en communication avec les fils de la lampe. Si on donne un quart de tour au manche, ces

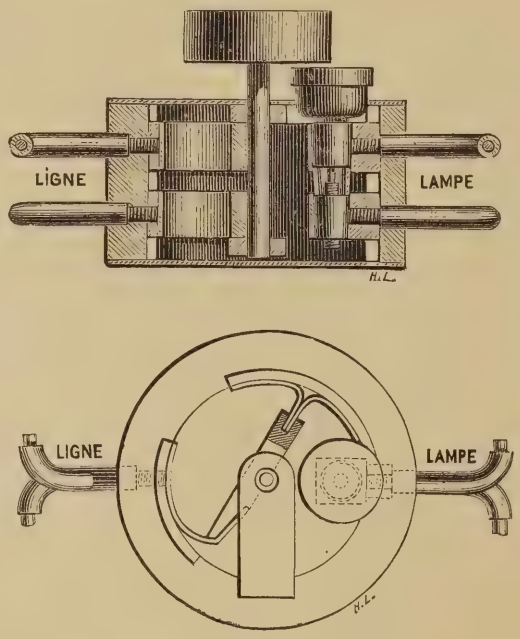


Fig. 2 et 3

deux pièces métalliques restent isolées, mais seulement après que les deux fils de ligne ont été reliés par une autre pièce métallique, ce qui complète la ligne, à l'intérieur du commutateur. Deux plots métalliques munis d'un trou conique, sont reliés aux segments correspondant aux fils de la lampe.

« La fiche de contact (fig. 1) entre dans ce trou, et forme ainsi un shunt de grande résistance sur la lampe.

« La disposition du manche et de la fiche de contact est telle que le contact ne peut pas être rompu avant la mise en court circuit de la ligne, et en outre, le contact doit nécessairement être mis en place pour que la lampe puisse fonctionner. Cette

dernière disposition a pour but d'empêcher le consommateur d'employer la lampe, sans que le circuit soit muni de son contact de sureté.

« Permettez-moi d'ajouter quelques mots au sujet des applications pratiques de ce système. Une petite installation d'expérimentation fonctionne, depuis le mois d'octobre dernier, dans l'usine de MM. Brunner, Mond et Cie, à Northwich ; les lampes brûlent constamment de quatre heures de l'après-midi jusqu'à huit heures le lendemain matin. Depuis le premier jour, il ne s'est pas produit le moindre accident, et aucune interruption de l'éclairage n'a eu lieu, bien que l'installation soit placée sous la surveillance d'un ingénieur qui n'a aucune expérience de l'éclairage électrique.

« Ce fait parle évidemment en faveur de la sûreté et de la simplicité du système.

« Une autre installation a été faite, à peu près à la même époque, dans notre propre usine ; les lampes fonctionnent tous les jours du matin au soir. En outre, deux autres installations de ce système doivent être faites très prochainement. »

E. M.

BIBLIOGRAPHIE

Les téléphones usuels, par M. Charles Mourlon. — J. Lebègue et Cie, éditeurs, Paris.

Je viens de parcourir le livre de M. Charles Mourlon, et je dois avouer que cette lecture ne m'a pas procuré un plaisir très vif. De là à conclure que le livre est mauvais, il y a un pas que la modestie m'interdit de franchir ; je veux tout simplement dire qu'il est conçu dans un esprit qui ne satisfait pas le mien.

L'auteur a laissé de côté les questions de science pure, abandonnant sans doute aux lecteurs le soin de les rechercher le cas échéant dans les traités spéciaux. Il s'est attaché tout particulièrement à donner la description des systèmes de téléphones et de microphones les plus employés, des bureaux centraux, des accessoires d'installations, piles, sonneries, parafoudres, etc., et des fils et cables conducteurs. C'est, comme on le voit, un ouvrage purement descriptif : Eh bien, quand il s'agit de littérature scientifique, c'est un genre que je ne goûte pas beaucoup. Ce sont des livres faciles à faire, pénibles à lire, et qui ne nous apprennent pas grand chose. Nous nous intéressons surtout aux principes des appareils ; l'exécution matérielle de ces appareils peut varier à l'infini et n'offre, en somme, qu'un intérêt secondaire. Et puis les catalogues ne sont-ils pas là ?

Prenez un certain nombre de clichés et une bonne paire de ciseaux ; découpez dans la presse scientifique, un peu partout, les articles ayant trait à ces gravures, et faites brocher le tout : vous aurez enrichi la littérature d'un ouvrage descriptif.

Ce n'est ni long, ni difficile ; mais a-t-on réellement fait œuvre d'auteur en procédant ainsi ? n'a-t-on pas plutôt voulu faire un livre, ce qui n'est pas la même chose ? Remarquez bien que je parle ici d'une façon absolument générale, tenant à justifier le peu de goût que j'ai pour les livres descriptifs ; les ciseaux font image et je serais désolé si M. Charles Mourlon voyait là une allusion qui est loin de ma pensée.

C'est une critique de principe que je tenais à formuler ; maintenant que c'est fait, il me reste quelques mots à dire du livre que j'ai sous les yeux.

M. Mourlon consacre toute la première partie de son ouvrage à la description des téléphones sans piles, des transmetteurs à charbon et des microphones ; cette première partie est très complète, trop complète même, car on ne peut que regretter qu'après avoir fait une si large place (174 pages) aux divers appareils de téléphonie, l'auteur condense en douze pages l'étude des bureaux centraux. Il me semble que les bureaux centraux méritaient mieux.

Ensuite viennent les accessoires des installations, fils, câbles, etc. ; un chapitre sur l'induction, la télégraphie et la téléphonie simultanées par les mêmes fils ; la téléphonie à grande distance ; un chapitre sur les auditions téléphoniques et enfin un dernier chapitre sur les appareils divers (relais, appels, etc.).

Le livre se termine par un tableau des prix d'installations téléphoniques, et par une série de planches représentant, à grande échelle, les schémas des connexions dans le cas de divers postes. Nous louerons sans réserve cette dernière partie.

B. Marinovitch

FAITS DIVERS

Nous apprenons, par l'organe de la presse quotidienne que des expériences de téléphonie à grande distance ont eu lieu, samedi dernier, à la Bourse : il s'agissait des essais de la ligne spéciale établie entre Paris et Bruxelles.

Ces expériences n'offrent rien de bien nouveau, et leur résultat — favorable — ne surprendra personne. Avec un fil de cuivre, et une ligne parfaitement isolée, on ferait le tour de la terre.

L'ouverture officielle de la ligne aura lieu le 15 février.

Les journaux politiques annoncent qu'on vient d'instituer, au Ministère de l'Instruction publique, une commission chargée de décerner un prix de 50,000 francs à l'auteur de la découverte qui fera faire le plus grand progrès à l'électricité comme source de chaleur, de lumière, d'action chimique, de puissance mécanique, de moyen de transmission pour les dépêches, ou de traitement pour les maladies.

Les membres de cette commission sont : MM. Bertrand, Allard, Becquerel, Berger, Brown-Séquard, Cornu, Debray, Deprez, Joubert, Jurien de la Gravière, Lévy, G. Lippmann, Hervé-Mangon, Marey, Mascart, Pâris, Raynaud, Sartiaux, Vulpian.

MM. Siemens et Halske, de Berlin, ont dernièrement crée un nouvel appareil portatif qui se compose d'un pont à curseur dans lequel le fil est roulé et forme un cercle, et où le galvanomètre est remplacé par un téléphone.

M. Ch. Mourlon, l'ingénieur électricien belge bien connu, vient de prendre l'initiative d'une exposition internationale à Bruxelles pour l'année 1888, basée sur une idée nouvelle, celle d'un concours où 500,000 francs de primes seront distribuées en espèces. Le roi des Belges en a accepté le patronage et le prince Baudoin la présidence. Le gouvernement et la ville de Bruxelles ont donné leur concours matériel et moral, et un capital de 3 millions est déjà souscrit.

L'électricité y occupera une large place et comportera plus de dix questions, mises au concours avec des prix de 5,000 et 10,000 francs.

Les dernières nouvelles de M. Edison le représentent comme très souffrant et dans un état qui ne laisse pas d'inspirer une inquiétude très vive à ses amis.

Toutes les dynamos, machines et autres accessoires ayant servi pour l'éclairage électrique de l'Exposition des Colonies et des Indes, à Londres, seront vendus, cette semaine, à South-Kensington, Londres.

Éclairage Électrique

La lumière électrique sera prochainement installée dans les chantiers de la marine, à Cherbourg.

La Compagnie italienne qui s'est formée pour l'utilisation des chûtes de Tivoli, près de Rome, vient de commander à la maison Siemens et Halske, de Berlin, les appareils électriques nécessaires pour l'installation de la lumière électrique dans cette ville. Les turbines ont été commandées chez MM. Seck frères, à Darmstadt.

M. G. Pedretti, de Milan, a envoyé la communication suivante à notre confrère *the Electrician*, de Londres : « M. Pedretti cherche une maison de banque ou entreprise d'électricité disposée à construire et à exploiter une installation centrale d'électricité dans une ville italienne de 70,000 habitants. Le contrat avec la ville en question comporte l'installation de 1,000 lampes à incandescence dans un rayon de 500 yards. On s'attend à recevoir, dans un avenir très prochain, de nombreuses demandes d'installations. S'adresser, pour de plus amples détails, à M. G. Pedretti, via Ancona, 6, à Milan. »

Le maire de la ville de Penzance avait dernièrement convoqué une réunion publique des habitants pour discuter la question de l'éclairage électrique de la ville. Malgré une opposition très vive de la part de la Compagnie du gaz, l'introduction de la lumière électrique a été votée à une grande majorité.

On annonce de Rio de Janeiro qu'une entreprise d'éclairage électrique vient d'être organisée à San-Paulo, au Brésil, pour l'éclairage des magasins et des maisons particulières de la ville. Le capital souscrit est de 100,000 milreïs.

Télégraphie et Téléphonie

Nous lisons dans la *Revue Économique :*

M. Granet, ministre des Postes et Télégraphes, usant des droits qui lui sont réservés dans les actes de concession, a officiellement mis en demeure la Compagnie française du télégraphe de Paris à New-York de rompre avec le syndicat des Compagnies anglaises de câbles transatlantiques. La rupture est aujourd'hui consommée. On ne peut encore prévoir les conséquences de cette situation nouvelle. Aussi nous bornerons-nous à enregistrer le fait, en ajoutant que M. Pouyer-Quertier qui, en sa qualité de président de l'ancien Conseil, avait signé l'entente avec le syndicat anglais, a nécessairement dû donner sa démission de président du nouveau Conseil, poste où l'avait maintenu la dernière assemblée des actionnaires.

Nous donnons ci-dessous la convention télégraphique qui vient d'être conclue entre la Suisse et l'Allemagne :

En application de l'article 17 de la Convention télégraphique internationale de Saint-Pétersbourg et du Règlement de service revisé à Berlin, les soussignés se sont entendus, sous réserve de ratification, sur les points suivants :

1. La taxe télégraphique dans les relations directes entre l'Allemagne et la Suisse est fixée à 12 1/2 cent. (douze centimes et demi) pour chaque mot d'un télégramme ordinaire.

2. Chaque Administration conserve intégralement les taxes perçues par elle, y compris les taxes pour réponses payées et autres taxes accessoires. Toutefois, l'Administration suisse bonifiera à l'Administration allemande une quote-part de la taxe, savoir :

a) Pour les télégrammes ordinaires, 2 1/2 cent. par mot;

b) Pour les télégrammes collationnés, 3 1/8 cent. par mot.

3. Les télégrammes qui, par suite d'interruption des communications directes, devront être échangés entre l'Allemagne et la Suisse par les lignes d'autres Administrations, ne seront soumis à aucune surtaxe, les frais du transit étant à la charge de l'Administration d'origine.

Toutefois, les télégrammes détournés de la voie directe sur la demande du consignataire seront taxés d'après les règles de la Convention internationale.

Pour les télégrammes intérieurs de chaque pays qui, pour arriver à destination, devront emprunter, par suite d'interruption momentanée des communications intérieures, les lignes de l'autre pays, l'Administration de transit n'aura droit à aucune bonification.

4. A l'exception des dispositions spéciales contenues dans les articles précédents, la correspondance télégraphique directe entre l'Allemagne et la Suisse est soumise aux règles de la Convention internationale en vigueur.

5. Le présent arrangement entre en vigueur à la même date et pour la même durée que le Règlement de service annexé à la Convention télégraphique internationale et revisé à Berlin.

En foi de quoi les représentants des Administrations télégraphiques intéressées ont signé la présente Convention en double expédition.

(*Suivent les signatures.*)

Ratifié par le Conseil fédéral suisse, le 6 novembre 1885

Voici le texte de la Convention spéciale intervenue entre les Administrations télégraphiques de l'Autriche et de la Hongrie, d'une part, et l'Administration télégraphique de la Suisse, d'autre part, concernant leurs relations réciproques :

Art. 1er. — La correspondance télégraphique entre l'Autriche-Hongrie, d'une part, et la Suisse, d'autre part, est soumise aux dispositions de la Convention télégraphique internationale et du Règlement de service y annexé, en tant que la présente Convention ne contient pas d'autres arrangements.

Art. 2. — Les taxes pour les télégrammes échangés entre l'Autriche-Hongrie, d'une part, et la Suisse, d'autre part, sont fixées uniformément par mot et seront, pour les télégrammes ordinaires, les suivantes :

I. Dans les relations entre les bureaux suisses, d'une part, et les bureaux autrichiens dans le Tyrol, le Vorarlberg et le duché de Lichtenstein, d'autre part :

a) En Suisse, dix centimes (10 cent.);

b) En Autriche et dans le duché de Lichtenstein, cinq kreuzer (5 kr.).

II. Dans les relations entre les bureaux suisses, d'une part, et tous les autres bureaux de l'Autriche et de la Hongrie, d'autre part :

a) En Suisse, douze centimes et demi (12 1/2 cent.);

b) En Autriche-Hongrie, 6 kreuzer (6 kr.).

Toutefois, chaque Administration aura la faculté de percevoir ces taxes dans la forme qui lui conviendra, sous réserve des dispositions contenues dans l'article XXI du Règlement de service international.

Art. 3. — Pour les correspondances provenant de l'Autriche-Hongrie à destination de la Suisse et pour les correspondances provenant de la Suisse à destination du Tyrol, du Vorarlberg et du duché de Lichtenstein, les taxes mentionnées à l'article 2 restent intégralement acquises à l'Administration d'origine; pour les correspondances provenant de la Suisse à destination de l'Autriche, à l'exception du Tyrol, du Vorarlberg et du duché de Lichtenstein, et à destination de la Hongrie, l'Administration suisse bonifiera à l'Administration autrichienne, soit hongroise, une quote-part de deux centimes et demi 2 1/2 cent.) par mot.

Art. 4. — Les taxes pour réponses payées, pour collationnement et accusé de réception, ainsi que toutes les autres taxes supplémentaires et accessoires, restent acquises à l'Administration qui les a perçues.

Art. 5. — Le décompte réciproque entre l'Autriche-Hongrie et la Suisse s'effectuera par l'intermédiaire de l'Administration autrichienne, qui agit, à ce sujet, tant en son nom qu'en celui de l'Administration hongroise.

Le décompte des taxes pour les télégrammes échangés dans le service terminal entre l'Autriche-Hongrie et la Suisse, et pour les télégrammes échangés avec d'autres pays en transit par les lignes des Administrations contractantes aura lieu, autant que possible, sur la base de taxes moyennes.

Art. 5. — Sous réserve de la ratification par les Gouvernements respectifs, la présente Convention déploiera ses effets à partir du 1er juillet 1886.

Elle restera en vigueur pour un temps indéterminé et jusqu'à l'expiration d'une année à partir du jour où la résiliation aura été notifiée par l'une ou l'autre des parties contractantes.

En foi de quoi les délégués des Administrations télégraphiques intéressées ont signé la présente Convention en triple expédition.

Fait à Berlin, le 17 septembre 1885.

(*Suivent les signatures.*)

Ratié par le Conseil fédéral suisse, le 6 novembre 1885.

Le 22 décembre dernier, notre collaborateur, M. l'ingénieur Kareis, de Vienne, a fait une conférence au Cercle scientifique de cette ville sur un nouveau télégraphe de sûreté. (D'après notre correspondance d'Autriche du dernier numéro, c'est du système Taussig qu'il doit s'agir ici). Le système a ceci de particulier qu'il établit un double contrôle entre les différents endroits, les maisons, les quartiers et même des villes entières, savoir : celui des surveillants de chaque immeuble et celui d'un poste central de sûreté. Chaque propriétaire ou concierge reçoit le signal d'alarme en même temps que le poste central, qui est également prévenu de l'adresse de la personne en danger. Cet avis est transmis en cas d'entrée d'un étranger, d'incendie, de maladie subite; il est donné soit automatiquement par l'appareil, soit avec intention par l'intéressé; dans ce dernier cas, on peut faire encore usage du télégraphe ou du téléphone. Les communications sont disposées de manière que, même en cas de détériorations multiples, il est impossible d'empêcher le courant d'alarme d'arriver au poste central. L'inventeur montre que ce système convient particulièrement pour la télégraphie dans les mines, et aux armées, pour les agglomérations, les magasins, les quartiers des villes, les forteresses, l'agriculture etc. Cette conférence a été faite en présence d'un grand nombre de hauts fonctionnaires des ministères des chemins de fer et de la police.

Le *Journal Officiel* de l'armée autrichienne publie les nouvelles dispositions organiques pour le régiment des chemins de fer et des télégraphes, et pour la télégraphie de campagne. D'après le nouveau réglement, le régiment sur pied de paix se compose de deux bataillons comprenant chacun quatre compagnies et le cadre d'un bataillon de réserve; en temps de guerre, la division par bataillon est supprimée et il est formé huit compagnies des chemins de fer de campagne, trois directions de télégraphie de première ligne et trois de deuxième ligne, enfin quarante-cinq sections de télégraphie de première ligne et trois de deuxième ligne, plus quarante-cinq sections de télégraphie de campagne, trois sections de montagne et un bataillon de réserve de deux compagnies.

L'Angleterre possède 171,000 milles de fils télégraphiques, dont 19,000 milles seulement sont souterrains, tandis que l'Allemagne en a 27,000 souterrains sur un total de 100,000.

Le rapport du département des pompiers, à Londres, constate que le service emploie 28 appareils télégraphiques et 38 téléphones entre les différentes stations; 3 appareils télégraphiques et 18 téléphones communiquent avec des postes de police, 14 télégraphes, 20 téléphones relient directement le même nombre de bâtiments publics et autres aux stations des pompiers. Le remplacement des appareils télégraphiques par des téléphones, qui fut commencé il y a deux ans, continue toujours et sera complètement effectué avant la fin de l'année 1887.

Des bureaux télégraphiques viennent d'être ouverts au service international dans les villes suivantes de l'État de Perak : à Peluk-Pulai, Matang, Qunong-Kijan, Bukit-Gantang, Bukit-Brapit, Kacha-Kilchil, Lahat, Pappan Kota-Bahru et Durian-Sabatang.

Le rapport du département des Télégrapes, aux Indes, pour l'exercice de 1886, constate que les résultats obtenus ont été d'une nature irès satisfaisante. La longueur des lignes a été augmentée de 2,123 milles et forme maintenant un total de 27,510 milles. On a transmis 2,500,000 dépêches, ce qui représente une augmentation de 13 o/o sur le trafic de l'année prscédente.

Voici la liste des principales voies de communications télégraphiques dont l'état a subi des modifications depuis le mois dernier :

	Date de l'interruption	Date du rétablissement
Câble Jamaïque-Colon.	17 sept. 1886.	24 déc. 1886.
Câble Vigo-Caminha...	24 août —	1er janv. 1887.
Câble Hongkong-Amoy.	2 oct. —	3 janv. 1887.
Câble Singapore-Cap Saint-Jacques.....	11 janv. 1887.	18 janv. 1887.

Nous empruntons au journal *le Précurseur* d'Anvers, la nomenclature suivante des principaux câbles du monde :

Dix câbles fonctionnent actuellement entre l'Amérique du Nord et l'Europe; six de ces câbles partent de Valentia (Irlande); deux de Brest et deux de Penzanec (Angleterre). Ces deux derniers sont reliés au Havre par Penzanec, d'où un autre part pour Emden (Allemagne). Deux câbles partant de Lisbonne aboutissent à Pernambouc (Brésil).

Deux câbles partant de Bombay relient l'Angleterre aux Indes par Aden, Suez, Alexandrie, la Méditerranée, Malte, Bône et Marseille. Un câble relie Malte à Falmouth par Lisbonne et Gibraltar.

L'Angleterre est en communication : avec la France, par huit câbles posés entre Douvres et Calais; avec le Portugal, par un câble touchant à Vigo et atterrissant à Lisbonne; avec l'Espagne, par deux câbles entre Falmouth et Bilbao; avec l'Allemagne, par quatre câbles posés entre Emden et Lowestoft; avec la Norvège, par deux câbles atterrissant à Arendal et à Egersund; avec la Suède, par un câble atterrissant à Gothembourg; avec le Danemark, par un câble allant de Newcastle à Sonderwig; avec la Hollande, par deux câbles allant de Londres à La Haye; avec la Belgique, par un câble de Londres à Ostende.

Les Anglais possèdent encore des câbles : entre Tripoli et Malte, entre Malte et la Sicile, entre Alexandrie et Otrante, touchant à Candie et à Zante; entre Alexandrie et Alep, touchant à Chypre; entre Alexandrie et Port-Saïd, entre Suez et Aden, touchant à Souakim, dans la mer Rouge; entre Souakim et Djedda, à travers la même mer; entre Madras et l'Australie, dans la mer des Indes, reliant Penang, Singapore et Java; ce câble est relié à celui de Singapore à Saïgon à Hué et à Haïphong.

Dans la mer de Chine, les Anglais possèdent encore des câbles reliant Saïgon, Hongkong, Fou Tchéou et Shange haï d'une part, et de l'autre, Haïphong, Hong-Kong, Amoy et Shanghaï. (Les deux câbles qui relient Shanghaï au Japon (Nagasaki), à la Corée et à la Sibérie, appartienneet à une Société danoise.)

Sur les côtes d'Afrique, un câble partant de Cadix et allant au Sénégal en touchant aux îles Canaries, et celui qui, partant d'Aden, va au Cap en touchant à Zanzibar, à Mozambique et à Saint-Laurent-Marquez, appartiennent également aux Anglais.

La pose du câble de Rolama à Loanda doit commencer sous peu. Enfin, l'Australie est reliée à la Nouvelle-Zélande par un câble allant de Sidney à Nelson.

La France est reliée à l'Algérie par trois câbles posés entre Marseille et Alger, un autre câble, atterrissant à Marseille et à Barcelone, relie la France à l'Espagne.

La Russie est reliée au Danemark entre Libau et Copenhague, à la Suède par trois autres, entre Nystadt et Stockholm, avec Constantinople par un câble allant de cette ville à Odessa. Ce dernier câble, prolongé à travers la mer de Marmara et l'Archipel, va de Constantinople à Salonique.

L'Autriche ne possède qu'un câble, qui va de Trieste à Corfou et à Zante.

Un petit câble met l'Italie en communication avec la Turquie entre Otrante et Vallona.

Les Anglais ont encore placé un câble dans les golfes Persique et d'Oman; entre Kurachee dans l'Inde et Fao dans la Turquie d'Asie, touchant à Bushire et Jask, en Perse.

En Amérique, toutes les Antilles sont reliées par un câble partant de Georgetown, dans la Guyane anglaise et allant aux États-Uunis,; un autre câble relie la Jamaïque à Colon et à l'isthme de Panama.

Sur la côte est un câble qui part de Paratavo jusqu'à Buenos-Ayres, touchant à San-Pedro-Para, Pernambouc,

Bahia, Rio de Janeiro, Santos, Desterro, Rio de Sul, Chuy et Montevideo.

Sur la côte Est, un câble part de Paratavo jusqu'à Buenos-Ayres, touchant à San-Pedro, Para, Pernambouc, Bahia, Rio de Janeire, Santos, Desterro, Rio de Sul, Chuy et Montevideo.

Sur la côte Ouest, les principales villes sont reliées par un câble partant de Tehuantepec, au Mexique, et finissant à Valparaiso. Enfin, dans le golfe du Mexique, un câble relie Vera-Cruz et Tampico à Galveston.

La mer Caspienne a aussi un câble qui la traverse dans toute sa largeur entre Bakou et Krasnowodsk.

Le Ministre des Postes et Télégraphes a déposé sur le bureau de la Chambre, dans la séance du 18 janvier, un projet de loi relatif à l'organisation et à l'exploitation des réseaux téléphoniques.

On écrit de Vienne au journal *Industries :* Plusieurs de nos maîtres de forges et fabricants, dans le Nord de la Bohême, possèdent également des usines dans la Silésie prussienne, de l'autre côté de la frontière. Depuis quelque temps, ces industriels ont demandé à plusieurs reprises, au Ministre du commerce, à Vienne, l'autorisation de relier leurs différentes usines au moyen de lignes téléphoniques; mais, comme celles-ci devaient traverser la frontière et, par conséquent, passer sur le territoire allemand et autrichien, la permission n'a pas été facile à obtenir. On est cependant arrivé à une solution satisfaisante, et le gouvernement autrichien s'est mis d'accord avec l'administration du télégraphe en Allemagne pour accorder l'autorisation demandée, sous certaines réserves. Les lignes doivent être exclusivement aériennes sur le territoire autrichien; elles seront soumises en Allemagne aux règlements en vigueur pour toutes les lignes téléphoniques. Dans les deux pays, les fils doivent traverser un bureau télégraphique de l'État, afin de permettre aux autorités de contrôler les dépêches à toute heure.

L'exposition de téléphonie qui a été ouverte au palais de la Bourse, à Bruxelles, le 14 janvier, n'est remarquable ni par la nouveauté des appareils exposés, ni par la variété des systèmes représentés. L'attente des organisateurs, qui comptaient sur la participation d'une cinquantaine de maisons les plus importantes de l'Europe, a été complètement déçue, car c'est à peine si une quinzaine d'exposants ont répondu à l'invitation de la commission. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer : la *Consolidated Telephone Construction C°*, MM. Mourlon et Cie, Mildé et fils, Felten et Guillaume, la *Bell Telephone Manufacturing C°*, la Société générale des Téléphones de Paris, etc.

Un journal anglais annonce que les dégâts causés au réseau aérien de la Compagnie des téléphones, à Gênes, par la récente tourmente de neige, ont été assez sérieux pour forcer la Compagnie à suspendre tout à fait le fonctionnement du bureau central.

Le 14 janvier dernier, la *National Telephone C°* a ouvert deux nouveaux réseaux téléphoniques en Écosse, à Galashiels et à Selkirk. Les deux villes sont également reliées ensemble. Le nombre des abonnés à Galashiels est de 25 et à Selkirk il n'est que de 11.

L'usine de M. Westinghouse, à Pittsbourg, en Amérique, vient d'être outillée pour la fabrication d'un nouveau câble isolé, destiné surtout aux communications téléphoniques. Le nouveau câble se compose d'un conducteur central isolé séparément et renfermé dans un tube en cuivre d'une épaisseur de 0,006 pouce, bien isolé avec du coton. On prétend que ce câble ne reviendra pas plus cher qu'un câble ordinaire de deux fils isolés.

Les différents réseaux téléphoniques de la Nouvelle-Zélande comptent aujourd'hui 1,755 abonnés. Les dépenses faites par le gouvernement de la colonie, pour la construction de ses réseaux, s'élèvent à 925,000 francs, et les recettes annuelles à 350,000 francs. Il y a, en outre, 81 lignes particulières.

Il est maintenant décidé que le procès du Gouvernement américain contre la Compagnie Bell sera plaidé à Boston, où se trouve le siège de la Société, mais la date n'en est pas encore fixée. Des deux côtés on s'efforcera d'arriver aussi vite que possible devant la Cour supérieure des États-Unis.

La *South of England Telephone C°* a maintenant installé 19 réseaux téléphoniques dans autant de villes, avec un total de 1,024 abonnés. Le réseau le plus important est celui de Brighton, avec 284 abonnés; ensuite vient Cambridge, avec 120 abonnés.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 12 FÉVRIER 1887 N° 7

SOMMAIRE. — Les phares électriques de Macquarie et de Tino ; G. Richard. — Sur les électro-aimants ; P.-H. Ledeboer. — Le rendement des machines dynamo-électriques ; C. Rechniewski. — Note sur la pile automatique de M. O'Keenan ; B. Marinovitch. — Les recherches récentes sur le magnétisme ; E. Meylan. — Recherches sur l'électrolyse ; A. Minet. — Revue des travaux récents en électricité : Recherches sur la transmission de l'électricité à faible tension par l'intermédiaire de l'air chaud, par M. R. Blondlot. — Sur la période variable des courants dans le cas où le circuit contient un électro-aimant, par M. Leduc. — Sur la conductibilité électrique des sels solides soumis à de fortes pressions, par L. Graetz. — Sur les anneaux colorés de Nobili et les phénomènes électrochimiques qui leur donnent naissance, par M. Elsas. — Sur la conductibilité électrique des mélanges de solutions acides, par M. Arrhenius. — Multiplicateur de potentiel, par M. W. Hallwachs. — Une nouvelle pompe à mercure de Greisser et Friedrichs. — Note additionnelle sur la constante diélectrique des liquides, par G. Quincke. — Action d'un champ magnétique sur l'écoulement du mercure. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre ; J. Munro. — États-Unis ; J. Wetzler. — Variétés. — Nécrologie : Mme la comtesse Du Moncel. — Lettres de MM. Paterson et Cooper, et de M. R.-V. Picou. — Faits divers.

LES

PHARES ÉLECTRIQUES

DE MACQUARIE ET DE TINO

Nous avons eu, plus d'une fois, l'occasion de traiter, dans les colonnes de ce journal, la question si intéressante de l'éclairage électrique des phares.

Une communication faite récemment par M. Hopkinson, à la Société des ingénieurs civils de Londres, nous invite à revenir sur le même sujet.

C'est avec plaisir que nous signalerons les progrès accomplis par nos voisins d'outre-Manche ; nous serions cependant particulièrement heureux de pouvoir, de temps à autre, mettre en parallèle les travaux qui se font de ce côté-ci du détroit.

Il est certain, que chez nous, aussi bien qu'en Angleterre, on travaille cette question dont l'intérêt n'échappe à personne ; on étudie, on expérimente, on compare : cela n'est pas douteux.

Mais, pourquoi ces travaux demeurent-ils inconnus de la grande majorité du public ?

On ne peut parler que de ce que l'on connaît, et ce silence est préjudiciable aux intérêts de tous.

De la discussion jaillit la lumière, même la lumière des phares.

Les phares électriques élevés par la maison *Chance Brothers and C°*, de Birmingham, à Macquarie dans la baie de Sydney, et à Tino, près de la Spezzia, sont des plus remarquables par la grandeur inusitée de leurs appareils optiques et par les détails ingénieux de leurs mécanismes.

Nous allons en donner une description détaillée, d'après le mémoire présenté à ce sujet à l'Institution des ingénieurs civils de Londres par M. Hopkinson [1].

(1) *Int. of Civil Engineers, Proc.* 7 décembre 1886, *On the Electric Lighthouse of Macquarie and Tino*

Le phare de Macquarie, que nous avons décrit sommairement dans notre numéro du 18 novembre 1882, a son plan focal très élevé, à 105 mètres au-dessus de la mer. Sa portée géométrique, de 40 kilomètres au niveau de la mer, est de 48 kilomètres pour un observateur situé à 4,50 mètres au-dessus de la mer.

Appareil optique. — L'appareil optique est un feu tournant donnant à chaque minute un éclat de huit secondes. La grande élévation du feu obligeait à faire plonger la lumière à proximité du phare, sans toutefois en distraire du foyer principal très puissant une proportion trop considérable, qui aurait produit des effets d'éblouissement dangereux.

On se décida, afin de répartir plus exactement la lumière, et pour faciliter le service des lampes, à adopter, pour le phare de Macquarie, un appareil du premier ordre de 920 millimètres de distance focale. Les figures 1, 2 et 3 représentent l'élévation et la coupe de cet appareil optique. Les prismes inférieurs et supérieurs, à réflexion totale, répartissent la lumière depuis 10 minutes au-dessus de l'horizon jusqu'à 30 minutes au-dessous dans des azimuths de 3 degrés nécessaires pour assurer la durée des éclats.

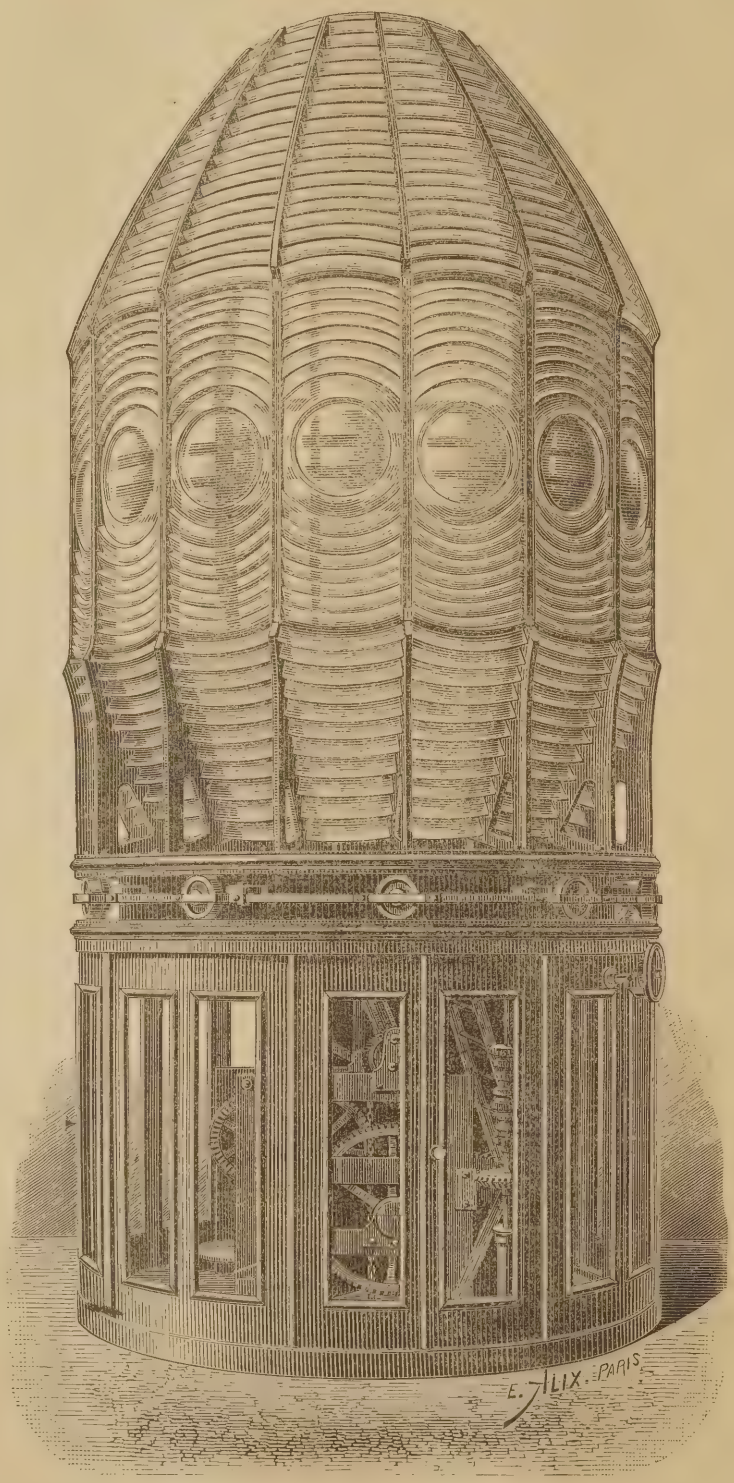


Fig. 1

La partie dioptrique de l'appareil est calculée de façon que les lentilles centrales et les trois premiers prismes courbes qui les entourent, en haut et en bas dirigent leurs rayons sur l'horizon, sans autre divergence que celle due à la grandeur de l'arc

La distribution de la lumière projetée sur la mer aux environs du phare. est obtenue par le jeu des prismes courbes n° 5 à 9 (fig. 2) disposés de

façon que la mer soit éclairée de 800 à 1200 mètres du phare par un élément de ces prismes, de 1200 à 2000 mètres par deux éléments, de 2000 à 3200 mètres par trois éléments, de 3200 à 4000 mètres par quatre éléments, et au-delà par six éléments, l'appareil n'éclairant avec toute sa puissance qu'à partir de 15 kilomètres environ.

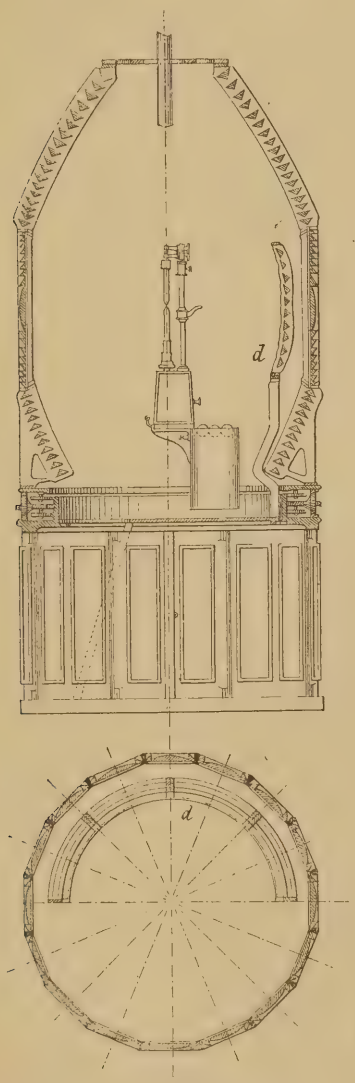


Fig. 2 et 3. — Phare de Macquarie. Appareil optique. Coupe et plan par le miroir.

Ainsi qu'on le voit par les figures 2 et 3, l'appareil porte du côté de la terre un miroir dioptrique *d* [1] dont le foyer forme l'image de l'arc un peu à côté des charbons, de façon à éviter toute inturruption de lumière et à contribuer à la divergence horizontale accentuée d'autre part par la courbure des faces intérieures des lentilles, ordinairement planes dans les appareils analogues.

Ainsi que l'indique la figure 6, les armatures A et B des prismes supérieurs et inférieurs sont appuyés à l'arrière des armatures C et D des prismes réfracteurs, de manière à intercepter environ moitié moins de lumière que les montures ordinaires représentées par les figures 7 et 8.

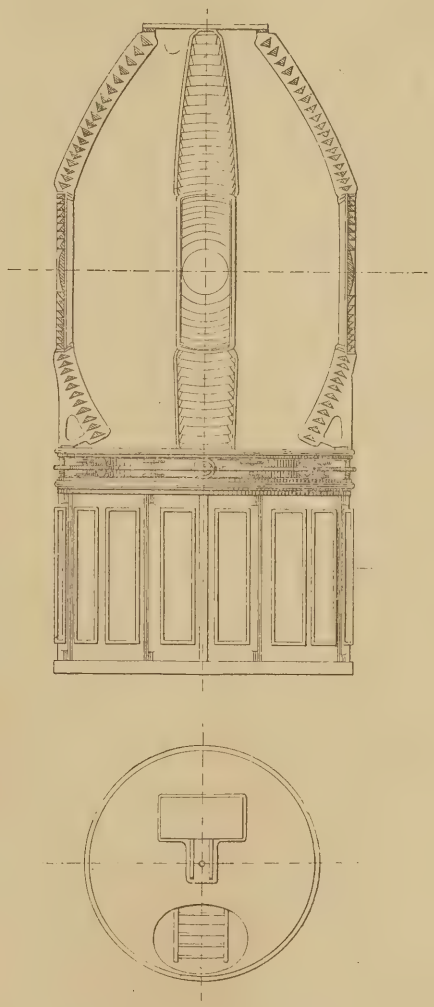


Fig. 4 et 5. — Phare de Macquarie. Détail d'un panneau et plan de la table.

Mécanisme de rotation. — Le mécanisme de

[1] *La Lumière Électrique*, 30 septembre 1882, p. 327.

rotation est aménagé de façon que l'on puisse entrer dans la lanterne sans en troubler le mouvement.

Ainsi qu'on le voit par les figures 10 et 11, les galets de roulement de l'appareil optique sont disposés de manière que la poussée de leur axe vers

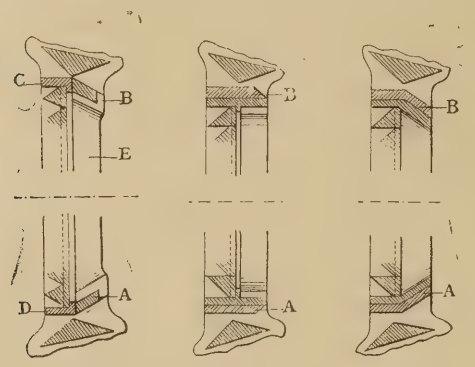


Fig. 6, 7 et 8. — Armatures des lentilles.

l'extérieur, due à leur conicité, soit supportée par une pointe au lieu d'un collet, comme dans les appareils ordinaires (fig. 9), ce qui réduit beaucoup leur frottement.

Lampes. — Les lampes sont des régulateurs du type Serrin, fournies par M. de Méritens.

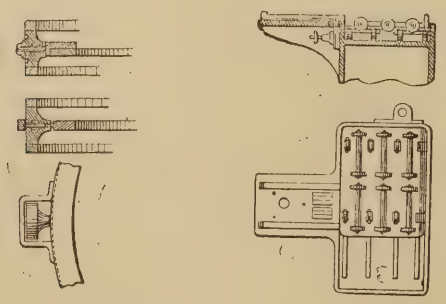


Fig. 9, 10 et 11. — Galets de roulement. — Fig. 12 et 13. — Chemin et plateau des lampes.

Les dispositions prises pour changer rapidement les régulateurs, et pour y substituer, si on le veut, des lampes à l'huile ou au gaz sont représentées par les figures 12 à 15.

On avait pensé employer en temps clair une lampe à gaz, et l'électricité avec toute ou moitié de sa puissance en temps de brume, suivant l'opacité du brouillard; mais, en pratique, on emploie presque toujours l'électricité.

On ne tient la lampe à huile de parafine que comme une réserve en cas d'accident au gaz.

Mise au foyer de l'arc. — La mise de l'arc au foyer s'opère au moyen de deux prismes disposés

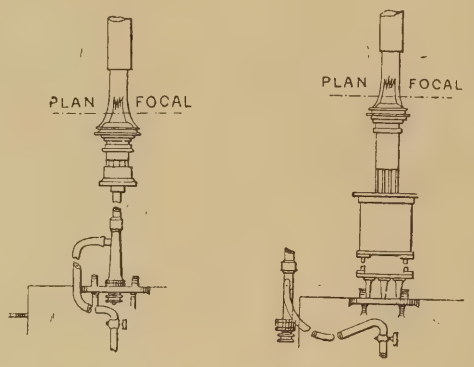


Fig. 14 et 15. — Lampe à huile et lampe à gaz.

sur le chassis du miroir à 90 degrés l'un de l'autre et taillés (fig. 16) de façon à projeter sur la table de la lampe une image de l'arc, que l'on déplace jusqu'à ce qu'elle coïncide avec celle d'un point observé à l'horizon pendant le jour et marqué sur la table.

On emploie deux prismes pour pouvoir s'assurer que l'arc se trouve à la fois au centre de l'appareil et à la hauteur voulue [1].

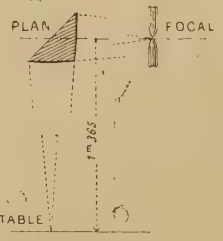


Fig. 16. — Mise au foyer.

Machine magnéto de Meritens. — Chacune des deux machines de Meritens avait une armature de cinq anneaux, de seize bobines chacune. Chacune de ces machines donnait à 830 tours un courant de 55 ampères avec la moitié de ses bobines en jeu, et de 110 ampères avec toutes ses bobines

[1] *La Lumière Électrique*, 18 novembre 1882, p. 481.

(résistance intérieure 0,062 ohm et 0,031 ohm) [1].

Machines motrices. — Chacune des dynamos est actionnée par un moteur à gaz Otto de Crossley de huit chevaux, sans transmission intermédiaire.

Essais. — Les essais exécutés chez MM. Chance ont démontré, qu'avec une résistance R constituée par un conducteur métallique de faible self-induction, l'intensité du courant fourni par les machines Meritens était donnée avec une approximation suffisante par la formule :

$$I = \frac{A}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{2\pi\gamma}{T}\right)^2}} \qquad (1)$$

dans laquelle on désigne par

R, la résistance totale du circuit;
A, la force électromotrice moyenne dans les bobines de l'armature, en volts;
γ, le coefficient d'auto-induction;
T, la durée d'une phase en secondes.

Avec une vitesse de 830 tours par minute, on a :

$$A = 67 \text{ volts}; \quad \left(\frac{2\pi\gamma}{T}\right)^2 = 0{,}197$$

d'où

$$\gamma = 6{,}4 \times 10^5 \text{ centimètres}$$

L'induction maxima dans l'anneau, qui présentait une section de 5 centimètres carrés, était de 24 600 ou de 4 920 par centimètre carré.

Le rendement de la dynamo diminuait avec son travail extérieur, comme le démontre le tableau ci-dessous.

Intensité du courant en ampères...	7.70	73.60
Travail électrique en chevaux.....	0.69	5.66
Travail mécanique dépensé.....	3.09	6.55
Perte.....	2.40	0.89

(1) *La Lumière Électrique*, 10 juillet 1886, p. 54.

(1) Voir Joubert, *Études sur les machines magnéto électriques* 1881, p. 33. S. P. Thompson, *Dynamo Electric machinery* 1884, p. 260.

Les expériences photométriques, exécutées en mesurant séparément les rayons rouges et bleus de l'arc, au moyen de photométres à lentilles rouges et à dissolution de sulfate de cuivre ammoniacale, ont donné les résultats suivants :

	En marche à demi-puiss.	En pleine marche	
Rayons rouges.....	1.988	4.708	candles
— bleus.....	4.079	11.382	—
Intensité du courant.....	54.5	105	—
Travail méeanique, dépensé en chevaux.....	4.5	6.9	—
Travail converti en échauffement des fils.....	0.24	0.95	—

On voit que la lumière totale augmente plus vite que l'intensité du courant, surtout les rayons bleus.

Les travaux étaient mesurés au moyen d'un dynanomètre de transmisson peu précis, dont les oscillations étaient amorties par un dash-pot [1].

La machinerie du phare, expédiée en Australie en 1881, a été montée par M. Barnett, architecte de la colonie, à qui l'on doit tout le succès de son installation.

Le reflet du phare sur le ciel se voit à 100 kilomètres [2] ; le seul reproche que lui adressent les marins est que les éclats éblouissent un peu aux environs du phare ; ce reproche démontre qu'il faut, avec des feux aussi puissants, ne détourner au voisinage même des phares qu'une très faible partie de la lumière envoyée à l'horizon, ce qui n'est possible qu'avec des *appareils optiques* à très long foyer.

PHARE DE TINO

Le phare de Tino est situé dans des conditions analogues à celui de Macquarie. Le foyer se trouve à 120 mètres au-dessus du niveau de la mer ; sa portée géomètrique est de 34 kilomètres, et le phare est visible pratiquement jusqu'à 45 kilomètres.

L'appareil optique donne un triple éclat toutes

(1) *La Lumière Electrique*, du 8 juillet 1882, p. 33.

(2) *La Lumière Electrique*, 17 juillet 1886, p. 108.

les demi-minutes; c'est un appareil dioptrique du deuxième ordre, de 700 millimètres de distance focale, construit d'après les principes exposés pour la première fois par M. Hopkinson en 1874: il se compose de 24 panneaux (fig. 17 et 18) groupés trois par trois comme l'indique la figure 19.

La distribution de la lumière est à peu près la même qu'à Macquarie: les prismes inférieurs et supérieurs, les lentilles centrales et les deux prismes annulaires adjacents envoient leurs faisceaux à la pleine mer, à l'horizon; les lentilles latérales et leurs prismes distribuent leur lumière, comme l'indique le tableau ci-dessous.

Rang des prismes	Angle de l'horizon avec le rayon émergent supérieur	Angle de l'horizon avec le rayon émergent inférieur
7 supérieur	0° 31′ 35″	3° 16′ 0″
6 —		2 0 0
5 —		1 30 0
4 —		1 0 0
4 inférieur		0 45 0
5 —		0 30 0
6 —		0 30 0
7 —	tout à l'horizon	

Les rayons du septième prisme inférieur sont dirigés entièrement à l'horizon pour éviter la barre horizontale de la lanterne. La proportion de lumière rabattue sur la mer dans le voisinage du phare est bien moindre qu'à Macquarie, et l'on s'est plus confié à l'exactitude avec laquelle on peut placer l'arc au foyer. L'expérience a démontré la justesse de ces prévisions.

Une partie de la lumière est rabattue sur le canal qui sépare Tino de Palermia par des prismes auxiliaires fixés à la lanterne et indiqués en X sur la figure 18, mais on aurait pu s'en passer.

Machines motrices. — L'île où se trouve le phare étant complètement privée d'eau, on adopta pour la force motrice deux moteurs à air chaud de Brown [1], actionnant chacun une dynamo, par l'intermédiaire de transmissions que l'on pouvait au besoin, accoupler au moyen d'un embrayage à friction de Mather et Platt.

Ces machines indiquent chacune, d'après les diagrammes 33,10 chevaux, au cylindre moteur, dont 17,7 chevaux sont absorbés par la pompe de compression et 6,3 chevaux par les frottements, de sorte qu'il ne reste plus que 9,1 chevaux de disponible sur l'arbre moteur. La consommation du coke est d'environ 2 kilog. par cheval effectif et par heure.

D'après M. Hopkinson il vaudrait mieux, sous tous les rapports, employer un moteur Otto, à

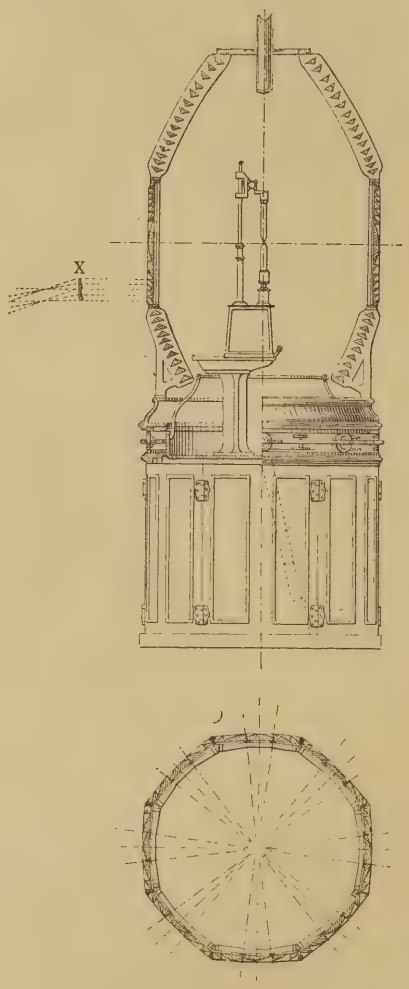


Fig. 17 et 18. Appareil optique

gaz d'éclairage ou au gaz Dowson, manufacturé sur place, plus régulier, moins cher, automatique, d'un entretien plus facile et pouvant marcher plus longtemps sans arrêt [2].

Dynamos.— Les dynamos sont les mêmes qu'au phare de Macquarie, mais accouplées par un

(1) *La Lumière Electrique*, 11 novembre 1886, p. 160.

(2) C'est aussi l'avis de M. Luiggi, architecte du phare de Tino.

commutateur, disposé de façon que chacune des moitiés des deux machines puisse être détachée ou rattachée au conducteur principal [1]. On peut ainsi obtenir de l'une ou l'autre de ces machines, à demi-puissance, un courant de 55 ampères et à pleine puissance un courant de 110 ampères, ou enfin, avec les deux machines, un courant de 200 ampères. On peut, en outre, sans éteindre la lumière, passer d'une dynamo à l'autre.

Supposons en effet l'une des machines en pleine marche; embrayons les deux transmissions de manière à mettre graduellement la seconde machine en train, coupons la moitié de la première machine et relions la moitié de la seconde machine

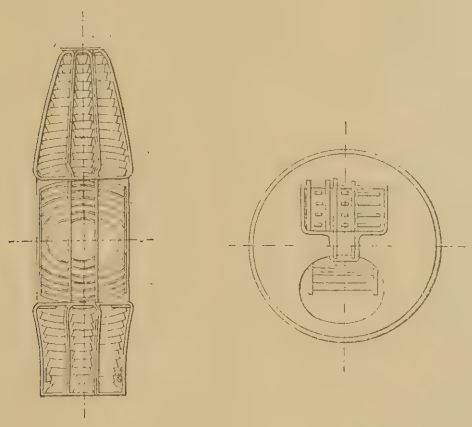


Fig. 19. — Détail d'un panneau. — Fig. 20. — Plan des lampes.

au circuit principal; les deux machines s'accorderont immédiatement sans affecter la lumière. On peut alors séparer du circuit principal la seconde moitié de la première machine, y relier l'autre moitié de la seconde, débrayer les transmissions intermédiaires et annuler la première dynamo. Cette transposition peut s'effectuer sans autre perturbation de la lumière que le passage de la pleine à la demie puissance pendant environ une seconde.

Lampes. — Ce sont des régulateurs Serrin perfectionnés par M. Berjot. La plus grande de ces lampes, destinée au fonctionnement des deux machines en pleine marche, fonctionnait difficilement avec le courant de 200 ampères : son mécanisme s'échauffait.

L'appareil a été monté en 1884 par les ouvriers de la maison Chance frères, sous la direction de M. L. Luiggi. Aux essai, en avril 1885, le phare s'apercevait distinctement à 50 kilomètres; on pouvait, à cette distance, bien que le phare fut sous l'horizon, en localiser parfaitement la position, et en reconnaître les éclats sans hésitation. A

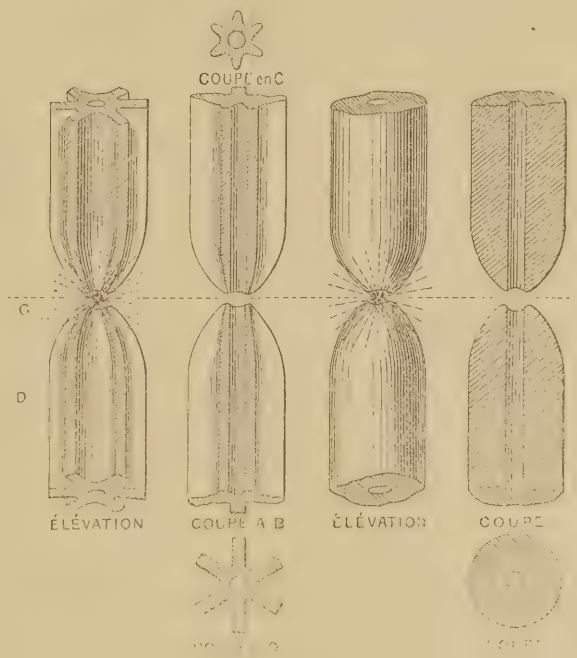


Fig. 21, 22, 23 et 24. — Détails des charbons essayés au South-Foreland.

28 kilomètres, on pouvait lire, pendant les éclats, des caractères de 30 millimètres de haut; à 20 kilomètres on voyait l'heure d'une montre. On aperçoit souvent le phare près de Gênes, à 80 kilomètres.

L'un des inconvénients des lampes à arc est la formation d'un cratère, comme celui qui est indiqué par les figures 21 à 24, sur les charbons employés avec les machines à courants alternatifs de South-Foreland. On évite presque totalement la formation de ce cratère, qui s'oppose à la répartition uniforme de la lumière, par l'emploi de charbons cannelés, fig. 21 et 22. Avec les charbons massifs, le cratère se déplace sans cesse, suivant des clivages inévitables, malgré tous les soins ap-

[1] Sur le couplage des dynamos alternatives, voir *Journal of Society of Télegraph Engineers and Électricians*, vol. XIII, p. 496.

portés à leur fabrication. L'emploi des charbons cannelés augmenterait de 10 o/o l'intensité de la lumière, avec les machines alternatives du moins, car on ne les a pas essayés avec les machines à courants continus. On sait, qu'avec ces machines, le cratère se forme, d'une façon permanente, au charbon positif, comme une facette très brillante dont on ne peut utiliser tout l'éclat qu'au moyen d'appareils optiques à prismes disposés d'une manière dissymétrique autour de l'arc.

On répond ainsi à l'objection souvent opposée à l'emploi des machines à courants continus pour les phares et tirée de l'inégale répartition de leur lumière. Les machines continues aussi simples, moins coûteuses et d'un meilleur rendement que les machines alternatives, ne tarderont pas à les supplanter, bien qu'elles exigent encore un peu plus d'attention. Les machines magnéto-alternatives sont, en effet, très sûres ; on peut les mettre en court circuit, ou rompre le circuit sans qu'elles se brûlent ou s'emportent ; mais elles sont très encombrantes, coûteuses, et moins économiques que les dynamos à courants continus, suffisamment certaines aujourd'hui pour que l'on n'ait pas à craindre d'interruptions en service.

La dépense d'établissement du phare de Tino s'est élevée à 250,000 francs se décomposant comme il suit :

Habitation dss gardiens, chemin d'accès au phare	50,000	»
Lanterne. appareil optique, dynamos, machines motrices, outils, pièces de rechange	150.000	»
Transport d'Angleterre, installation, montage, essais, vérification	30.000	»
Finissage du phare, fournitures accessoires.	20.000	»
Total	250.000	»

Les frais d'exploitation annuels très élevés — 28,000 francs — à cause de la situation isolée de l'île, se décomposent comme il suit, de juin 1885 à juin 1886 :

Salaires. — Un mécanicien	2.200	fr.
Un gardien-chef	1.800	»
Trois gardiens à 1.500	4.500	»
Un batelier, gardien adjoint	1.200	»
Allocations. — Charbon, éclairage, blanchissage	1.000	»
Combustible. — 80 tonnes de coke à 70 fr.	5.600	»
Approvisionnement. — Charbons électriques	1.500	»
Graissage, chiffons	2.500	»
Réparations, entretien, bâtiments, quai, bateau	3.000	»
Machinerie	1.500	»
Courroies, lampes, outils	2.000	»
Voyages, inspection, ouvriers extras	1.200	»
Total	28.000	«

Dans des conditions ordinaires, sur le continent, les frais d'exploitation se réduiraient de 20 o/o ou à 20,000 francs environ.

GUSTAVE RICHARD

SUR

LES ÉLECTRO-AIMANTS

Presque toutes les applications modernes de l'électricité sont basées sur les propriétés des électro-aimants. Dans la télégraphie, en effet, c'est l'attraction que l'électro-aimant exerce sur son armature qui permet la transmission des signaux. Les signaux et les sonneries électriques renferment presque tous un électro-aimant qui fait fonctionner l'appareil.

Dans l'éclairage électrique, c'est encore l'électro-aimant qui sert dans la dynamo à créer le champ magnétique indispensable au fonctionnement de la machine ; nous le retrouvons encore dans les lampes à arc, où il constitue le principal moyen de régulation.

Ainsi, et l'on pourrait multiplier les exemples, c'est l'électro-aimant qu'on rencontre partout comme organe principal. Aussi n'est-il pas surprenant que cet organe ait été l'objet d'études aussi multiples que variées. Cependant la question n'est pas bien avancée ; les lois qui régissent les électro-aimants sont encore inconnues.

Nous croyons donc qu'une étude relative à ce sujet peut présenter un certain intérêt, surtout si elle est faite au point de vue des machines dynamo-électriques, c'est-à-dire au point de vue du champ magnétique qu'on peut produire avec un électro-aimant donné.

Avant d'aborder ce sujet, nous allons considérer simplement les électro-aimants par rapport à la force portante ; c'est cette question qui nous amènera tout naturellement à la question de la production du champ magnétique.

Une étude faite sur la force portante des électro-aimants peut paraître quelque peu abstraite, d'autant plus que l'expérience directe est, dans ce cas, le meilleur guide ; cependant il ne faut pas oublier que, si l'on arrive à prévoir d'avance quelle sera la force portante et si on arrive à vérifier la loi ainsi trouvée, on aura à sa disposition une nouvelle méthode d'investigation, méthode qui pourra fournir les renseignements les plus utiles, chaque fois qu'on pourra déterminer directement la force portante, comme cela arrive pour les inducteurs d'une dynamo.

Un des premiers travaux exécutés sur le sujet que nous avons en vue a été fait par Joule : nous commencerons par exposer ce travail.

Joule a fait plusieurs expériences pour déterminer le maximum de force portante des électro-aimants on en trouve un résumé dans le tableau suivant :

TABLEAU I

Numéros des aimants	Sections minimum en		Poids soutenus		Poids par unité de section		Induction magnétique Q C. G. S.
	pouces carrés	centimètres carrés	livres	kilogrammes	livres par pouces carrés	kilogrammes par centimèt. carrés	
1	0 10	64 5	2775	1258	277	19 5	15470
2	0 196	1 26	49	22	250	17 5	14700
3	0 0436	0 28	12	5 4	275	19 5	15410
4	0 0012	0 0077	0 202	0 009	162	11 4	11830
5	4 5	29 1	1428	647	317	22 2	16550
6	3 94	25 3	750	340	190	13 4	12820
7	0 196	1 26	50	22 6	255	17 9	14850

Nous avons extrait du mémoire original de M. Joule [1] les données suivantes, relatives aux électro-aimants du tableau précédent.

L'électro-aimant A (fig. 1) a une forme toute particulière.

Il est formé par une pièce cylindrique de fer forgé de 20 centimètres de longueur ; à l'intérieur de cette pièce on a foré un trou de 2,5 c. m. de diamètre concentrique à l'axe. Puis on a coupé ce cylindre creux par un plan parallèle à l'axe et de telle façon que les deux pôles de l'électro-aimant ainsi constitués, se trouve distants de 8 millimètres.

On a appliqué contre cette surface plane une autre pièce de fer également dressée et on a tourné le tout de manière à obtenir un cylindre d'un diamètre extérieur de 93 millimètres et ayant intérieurement un diamètre de 25 millimètres. La plus grande pièce était couverte de calicot et enroulée de 4 fils de cuivre, recouverts de 7 mètres chaque, et d'un diamètre de 2,3 m.m.

Cette quantité était justement suffisante pour recouvrir la surface extérieure et pour remplir l'intérieur.

Le poids du fer était de 6,8 kilogrammes.

On comprendra mieux la forme de cet électro-aimant en considérant la figure 1 ; *m* est l'aimant en forme de fer à cheval, sur lequel on a tiré quelques lignes pour montrer la position du fil ; on voit des anneaux et des crochets pour la suspension.

L'électro-aimant n° 2 est formé d'une barre de fer de 12 millimètres de diamètre et de 69 millimètres de longueur. Ce fil était courbé de façon à obtenir la forme d'un demi-cercle, et le tout con-

[1] Joule. *On Electromagnetic Forces. Annales of Electricity*, vol. V, p. 187. Ce mémoire qui date de 1840, a été réimprimé dans les *Scientif. Papers* de Joule, p. 27

vert de fil de cuivre isolé de 1,25 m.m. d'épaisseur et d'une longueur de 2,13 mètres. La distance des pôles était de 1,25 m.m. et le fil remplit complètement la distance entre les pôles.

Le poids du fer était de 68,4 grammes.

L'électro-aimant n° 3 était fait d'une pièce de fer de 18 millimètres de longueur, 9,4 m.m. de largeur et d'une épaisseur de 3,81 m.m. Les bords étaient arrondis de façon à obtenir une section elliptique.

Ce fer était courbé en forme de demi-cercle et enroulé de fil de cuivre isolé à la soie de 0,62 millimètre de diamètre et d'une longueur de 483 millimètres.

Le poids du fer était de 4,25 grammes ; cet électro-aimant a supporté un poids de 6,4 kilos, c'est-à-dire 1286 fois son poids.

N° 4. Pour obtenir un électro-aimant encore plus petit, c'est-à-dire un électro-aimant presque élémentaire, M. Joule prend un bout de fer de 6 millimètres de long et 1 millimètre d'épaisseur. Ce fer était courbé en demi-cercle et enroulé de 3 tours de fil de cuivre *non isolé* et d'un diamètre de 0,62 m.m.

Cet électro-aimant qui ne pesait que 0,032 gr. a supporté un poids de 91,7 grammes, c'est-à-dire 2384 fois son poids.

M. Joule indique en même temps les intensités des courants qui excitent les électros-aimants. L'unité adoptée par M. Joule est exprimée en degrés, chaque degré correspondant à l'intensité de courant capable de décomposer 9 grains = 0,583 grammes d'eau par heure. Or, un courant de un ampère décompose 0,246 grammes d'eau pendant une heure. Ainsi un degré correspond à 2,37 ampères.

Pour les électro-aimants n°s 1, 2 et 3, M. Joule indique les forces portantes pour les divers intensités de courant.

Pour l'électro-aimant n° 2, le courant le plus intense est de 36 degrés ou 85 ampères correspondant au poids de 721 kilos.

Pour le n° 2, le courant le plus fort est de 6,1 degrés = 15,5 ampères et le poids correspondant, de 22 kilos ; le n° 3 porte avec un courant de 2 degrés = 4,74 ampères, un poids de 5 kilog.

Pour les aimants n°s 5, 6 et 7, on trouve les renseignements suivants :

N° 5. Longueur le long de la courbe, 91 centimètres.

Diamètre du noyau de fer, 7 centimètres.

Aire de la section, 14,5 c. m., aire de l'armature 11,4 c. m. Poids du fer, environ 22,6 kilog.

On a employé un courant très intense provenant de 19 éléments Daniell de 60 centimètres ; les bobines avaient chacune 14 longueurs de fil de cuivre d'une longueur de 21 mètres chaque et d'un diamètre de 1,8 m. m.

L'électro-aimant n° 6 avait une longueur de

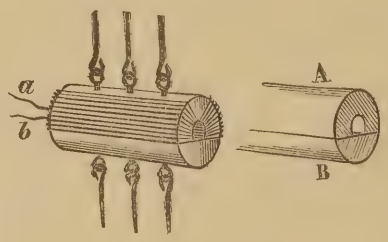


Fig. 1

50 centimètres et une section de 20 centimètres carrés ; les bords etaient arrondis. Poids, 9,5 kil.

Le courant était produit par une pile de Volta formée d'une paire de lames et le conducteur autour de l'aimant était de condition inférieure.

Quant au dernier aimant, on ne trouve que les indications suivantes : longueur le long de la courbe, 30 centimètres environ, et diamètre de la barre, environ 12,5 millimètres.

M. Rowland, qui a reproduit le tableau de M. Joule, dans un mémoire sur la perméabilité magnétique du fer, a calculé, en outre, d'après la formule de Maxwell [1] l'induction magnétique à l'intérieur des noyaux de fer doux, ce qui donne les chiffres indiqués dans la dernière colonne du tableau précédent.

M. Rowland ajoute :

« On voit que tous ces nombres sont inférieurs

[1] Voir *La Lumière Électrique*, t. XXII, p. 535, 1886.

à ceux que j'ai évalués [1], comme il convient de le faire.

Pour la comparaison, j'ai joint une colonne donnant les valeurs de l'induction magnétique Q qui donnerait les forces portantes observées ; certains de ces nombres sont aussi élevés que ceux que j'ai réellement obtenus ; ce qui montre que le nombre 354 livres par pouce carré = 24,9 kilog. par centimètre carré ne peut pas être bien éloigné de la vérité ; ce résultat montre l'utilité du système absolu des mesures électriques, par lequel, d'une simple déviation de l'aiguille d'un galvanomètre on peut prédire combien un électro-aimant peut porter sans faire l'expérience. »

Dans les expériences que nous venons de rapporter, la perméabilité magnétique du fer et la force portante n'ont pas été déterminées sur le même échantillon de fer ; aussi ne peut-on pas en tirer des conséquences bien certaines.

Dans un prochain article nous verrons qu'on possède dans la connaissance du coefficient de self-induction un autre élément, qu'on peut utiliser pour déterminer d'avance la force portante d'un électro-aimant.

P.-H. Ledeboer

LE

RENDEMENT DES MACHINES

DYNAMO-ÉLECTRIQUES

Le rendement est une des données les plus nécessaires pour juger d'une machine dynamo électrique.

L'acheteur d'une machine dynamo demandera toujours à le connaître, et de son côté le constructeur le publiera dans ses prospectus, afin de prouver la bonne qualité de sa machine.

Dans les essais comparatifs des machines, ce sera une des qualités à laquelle on attachera le plus d'importance.

Mais si le rendement d'une dynamo comparé avec son prix de revient et la solidité mécanique de sa construction donne une idée générale de la manière dont le problème a été résolu par le constructeur, ce renseignement ne peut satisfaire l'ingénieur, qui cherche avant tout pourquoi le rendement est tel et tel, et de quelle manière on peut le modifier, l'améliorer.

Ce n'est en effet qu'en allant beaucoup plus au fond de la question, qu'il pourra juger de la valeur respective des différents systèmes : on peut par exemple obtenir le même rendement avec des systèmes de valeur fort inégale, en employant plus de cuivre dans un cas que dans un autre, ou en faisant marcher les machines à des vitesses inégales ou par d'autres moyens encore.

On appelle rendement le rapport du travail disponible aux bornes de la machine au travail total absorbé, la différence des deux est perdue dans la machine :

1° En frottements dans les coussinets, et aux balais, par la résistance de l'air, les courants de Foucault développés dans le fer, le bronze, ou le cuivre de la carcasse et de l'induit.

2° En chaleur développée par le passage du courant à travers le fil de la dynamo.

Nous ne nous occuperons dans cet article que de cette dernière perte et des différents facteurs qui peuvent l'influencer.

En d'autres termes nous voulons chercher les différentes causes pouvant modifier le rendement électrique d'une dynamo, en désignant par rendement électrique, le rapport du travail disponible aux bornes de la machine, au travail électrique total engendré dans le fil.

Ce rendement dépend :

1° De la carcasse de la dynamo, c'est-à-dire des dimensions et de la forme de celle-ci, et de la matière employée.

2° De la manière dont le fil est enroulé sur les électros et l'induit, et de la densité du courant.

3° De la vitesse de rotation de la machine.

INFLUENCE DES DIMENSIONS DE LA FORME ET DE LA SUBSTANCE DE LA CARCASSE

L'influence des dimensions d'une dynamo sur son fonctionnement a été étudiée à différentes reprises, par M. Deprez, sous le nom de problème des similitudes, par M. S. Thompson et par

[1] Voir le tableau de M. Rowland, *La Lumière Électrique*, 1886, t. XXII, p. 452.

d'autres ; malheureusement ces auteurs tout en admettant que le champ magnétique pour les différentes grandeurs de machines restait le même, ont négligé de faire ressortir la manière dont l'excitation des électro-aimants devait varier pour arriver à ce résultat.

Il est donc important de refaire le problème, en y introduisant la variation de l'excitation, correspondant au changement des dimensions de la machine dynamo.

Les récents travaux du Dr Hopkinson et de M. Kapp, ont montré comment on peut calculer le champ magnétique d'une dynamo, étant donné les dimensions des différentes parties, et les propriétés du fer employé.

Ces auteurs reprenant la conception de Faraday, assimilent le flux magnétique à un courant électrique.

C'est à dire qu'ils supposent les différents corps doués d'une conductibilité ou perméabilité magnétique.

Les aimants permanents ou les spires excitatrices des électro-aimants jouent le rôle d'une pile en produisant une différence de potentiel magnétique.

Les champs magnétiques résultant, ou flux de lignes de force, se distribuent alors à l'entour, en raison des perméabilités magnétiques des corps environnants, et peuvent être calculés comme on calculerait les courants électriques produits par une batterie, plongée dans un milieu composé de parties hérérogènes de conductibilités différentes.

La résistance magnétique de l'air et des corps non magnétiques, peut être considérée comme constante, tandis que celle des corps magnétiques varie avec l'intensité du flux produit à l'intérieur du corps considéré.

Pour pouvoir calculer le flux de force, il faudrait donc connaitre la résistance de l'air et des corps non magnétiques, et la loi suivant laquelle cette résistance varie avec le degré de saturation dans les corps magnétiques.

Considérons la disposition magnétique d'une machine dynamo quelconque ; cette disposition aura toujours pour but de forcer le plus grand nombre de ligne de force possible à passer par le champ magnétique utile de la machine, autrement dit par l'entrefer.

Une partie des lignes de force sera évidemment perdue et passera par l'air, en dehors du champ magnétique utile, en raison de la perméabilité magnétique de l'air.

Si nous considérons des circuits magnétiques (machines dynamos) semblables, mais de dimensions différentes, le rapport du nombre de lignes de force utile, au nombre total sera le même, les rapports des résistances magnétiques étant les mêmes pour des circuits semblable, à condition, bien entendu, que les intensités des champs magnétiques produits en des points semblablement placés des différents systèmes soient les mêmes.

Cette dernière condition est essentielle, en effet la résistance magnétique du fer, dépend de son degré de saturation, et le rapport des résistances de l'air et du fer varierait, si nous admettions des valeurs différentes du champ magnétique.

Nous allons maintenant étudier le rendement de machines semblables, mais de grandeur différente, en supposant l'excitation de chacune d'elles poussée de manière à donner la même intensité du champ magnétique. C'est du reste, une condition que l'on cherchera à réaliser souvent dans la pratique.

Admettons encore pour les différentes machines, une même vitesse périphérique, et une même densité de courant électrique dans le fil. Dans ces conditions, la puissance brute de la machine, sera simplement proportionnelle au volume du champ magnétique.

Considérons donc une dynamo quelconque, et supposons toutes ses dimensions augmentées dans le rapport de N à 1, que deviendra son rendement ?

Le travail électrique produit dans l'unité de temps, ou la puissance sera N^3 fois plus grande.

La résistance intérieure de l'armature sera N fois plus petite, le courant total étant augmenté dans le rapport de N^2 à 1, l'énergie perdue dans l'armature, sera N^3 fois plus grande.

Le rendement de l'induit, par conséquent, reste le même.

La résistance magnétique de la nouvelle machine sera N fois plus petite ; en effet, toutes les sections sont N^2 fois ; et toutes les longueurs N fois plus grandes, la résistance étant proportionnelle aux longueurs et inversement aux sections, sera N fois plus faible.

Mais pour que l'intensité du champ magnétique reste la même, il faut que le flux total de lignes de force soit N^2 fois plus grand. Le flux mul-

tiplié par la résistance magnétique donne l'excitation en ampères-tours, qui, on le voit, doit être N fois plus grande. D'un autre côté, la longueur de chaque tour étant N fois plus grande, le volume occupé par le fil, et par conséquent aussi, l'énergie perduc à exciter le champ magnétique, seront N^2 fois plus grand : on le voit, le rendement des électros s'est amélioré, puisque la perte a augmenté dans le rapport de N^2, et l'énergie totale dans le rapport de N^3 à 1 [1].

On arrive donc à ce résultat curieux que le rendement de l'induit reste constant, ne varie pas avec les dimensions de la machine, tandis que le rendement des inducteurs est devenu meilleur.

De là découlent des considérations très importantes pour la pratique ; on voit d'abord que tandis que le poids du cuivre sur l'armature reste proportionnel au poids de la machine, le rapport du poids du cuivre sur les électro-aimants, au poids de la machine doit diminuer dans le rapport de 1 à N pour produire, à densité de courant égale, une même intensité de champ magnétique. Par contre, à mesure que les dimensions de la dynamo diminuent, la proportion de cuivre sur les électro-aimants devient prédominante, pendant que le rendement s'abaisse toujours jusqu'à devenir égal à *o* pour une limite facilement calculable.

L'influence de la forme des électro-aimants peut se déduire aisément aussi de la théorie de MM. Hopkinson et Kapp ; on verra qu'il y aura toujours avantage à employer des électro-aimants ramassés, et d'une seule pièce ; de manière à diminuer d'un côté la résistance magnétique du circuit, et de l'autre à n'avoir qu'un seul circuit magnétique.

En effet, pour produire le même champ magnétique, nous pouvons faire aboutir aux pièces polaires soit les deux extrémités d'un seul électro-aimant, de section suffisante, soit celles de plusieurs autres, plus faibles, de même section totale.

La résistance magnétique reste la même, mais nous dépenserons moins d'énergie à exciter le premier système que le second, parce que nous aurons besoin d'une moindre longueur de fil pour obtenir le nombre voulu d'ampère-tours.

Influence de la densité du courant. — Il faut considérer ici séparément les électro-aimants et l'induit.

La carcasse d'une dynamo étant donnée, on sait qu'il faut un certain nombre d'ampères-tours d'excitation pour produire le champ magnétique que l'on désire avoir.

Le volume du cuivre dépendra de la densité du courant choisie, et sera inversement proportionnel à celle-ci.

La perte d'énergie dans le fil, par contre, variera proportionnellement à cette densité ; en effet, la résistance du fil est proportionnelle à la densité, et la perte d'énergie à la résistance.

Augmenter la quantité de cuivre, sur la machine, c'est augmenter le prix de revient ; mais, d'un autre côté, on augmentera son rendement.

C'est à la pratique de décider dans chaque cas particulier de la densité qu'il conviendra de choisir.

Pour l'induit, le volume occupé par le fil reste fixe, par conséquent le nombre d'ampères-tours sur l'induit ne peut être maintenu fixe en changeant la densité du courant.

A champ magnétique égal, la puissance de la machine est proportionnelle à la densité du courant tandis que la perte d'énergie croît comme le carré de la densité ; par conséquent le rendement de l'induit diminue, quand la densité du courant augmente.

Dans la pratique on choisira toujours une densité plus considérable pour l'induit dont le volume est invariable et doit être le plus petit possible, et une densité plus faible pour les électros, pour lesquels, le volume occupé par le fil peut-être augmenté sans inconvénient entre certaines limites.

Influence de la vitesse. — Si la vitesse augmente, le courant restant constant, la perte de travail dans la machine reste constante, pendant que sa puissance augmente proportionnellement à la vitesse.

Le rendement, par conséquent, augmente avec la vitesse.

C. Rechniewski

[1] On arrive du reste au même résultat en partant des théorèmes de W. Thomson sur la similitude des systèmes électromagnétiques.

NOTE

SUR LA PILE AUTOMATIQUE

DE M. E. O'KEENAN

Je ne crois pas m'avancer beaucoup ni apprendre grand chose à mes lecteurs en disant que, dans les villes où les usines centrales font défaut, il est encore aujourd'hui impossible de s'éclairer électriquement chez soi, pour peu qu'à côté de la question de goût et de bien-être on soit obligé de faire intervenir la question d'économie.

Lorsqu'il s'agit d'éclairer un lieu public, d'installer deux ou trois cents lampes, cela est facile, et n'importe quel électricien vous indiquera une solution pratique du problème.

S'agit-il au contraire d'éclairer un petit appartement, d'installer une dizaine de lampes à incandescence, par exemple ? La solution est infiniment moins aisée à trouver, la solution pratique, bien entendu.

Je sais bien que, si vous allez chez certains industriels et que vous leur posiez la question ainsi que je viens de la poser ici, ils vous répondront que rien n'est plus facile ; ils s'empresseront d'installer chez vous des piles primaires seules ou des piles primaires et des accumulateurs, bien heureux s'ils ne vous vendent pas, sous le nom de lampes électriques portatives, de petits appareils aussi laids qu'inutiles.

Il n'est pas un électricien sérieux qui n'apprécie à leur juste valeur ces prétendues solutions données au problème qui nous occupe ici ; elles n'ont d'autre effet que de dégoûter de l'électricité, sinon à tout jamais, du moins pour un certain temps, ceux dont la bonne foi est ainsi surprise.

J'estime, pour ma part, que la question de l'éclairage électrique privé ne sera résolue d'une façon absolument générale, que le jour où l'on distribuera la force à domicile comme on distribue maintenant le gaz et l'eau. Mais entre cette solution tout-à-fait générale et celles qui sont aujourd'hui offertes au public, il y a de la marge et des travaux intéressants peuvent certainement trouver place ; de ce nombre est une solution fort ingénieuse dûe à un jeune électricien, M. Edward O' Keenan ; elle mérite d'être signalée.

M. O' Keenan, grâce à des modifications très habiles apportées à l'élément Daniell, a réussi à construire une pile dont le débit est assez grand et qui peut fonctionner d'une façon continue sans nécessiter de surveillance spéciale.

La pile dont la figure 1 représente une vue d'ensemble, se compose d'un certain nombre d'éléments (fig. 2), enfermés dans une caisse à parois étanches. Chaque élément est constitué par une plaque de zinc Zn enveloppée dans du papier parcheminé faisant office de vase poreux ; cette plaque forme le pôle négatif.

Le pôle positif est formé par deux lames de plomb Pb collées sur deux lames de verre. Ces trois parties constitutives de l'élément ont une largeur de 20 millimètres et sont maintenues verticales, dans la caisse, au moyen de rainures convenablement disposées.

Le liquide de la pile est divisé en trois couches de différentes densités ; tout au fond de la caisse se trouve, sur une hauteur h, de 1 à 2 centimètres d'épaisseur, une couche de sulfate de zinc en solution presque saturée ; au-dessus, sur la hauteur presque totale de la cuve, une solution saturée de sulfate de cuivre et enfin, au-dessus de cette couche de sulfate de cuivre, une nappe d'eau h ayant 1 à 2 centimètres de hauteur.

La théorie de cette pile est celle de toute pile au sulfate de cuivre, aussi nous n'insisterons pas. Le sulfate de cuivre est décomposé en cuivre métallique qui se dépose sur le plomb ; en même temps il y a formation de sulfate de zinc qui se dissout dans une certaine quantité d'eau et va augmenter la couche de sulfate de zinc qui occupe le fond de la caisse.

Il y a donc constamment : formation de sulfate de zinc, appauvrissement de la solution de sulfate de cuivre et consommation d'eau pure. Il faut, par conséquent, pour permettre le fonctionnement continu de la pile, assurer la formation du sulfate de zinc, maintenir la saturation de la solution de sulfate de cuivre, renouveler l'eau pure au fur et à mesure de sa consommation et enfin évacuer le sulfate de zinc qui s'accumule au fond de l'élément.

La formation du sulfate de zinc est assurée pour un temps assez considérable par l'emploi de plaques de zinc suffisamment épaisses : les trois autres conditions sont satisfaites automatiquement grâce à des dispositifs fort ingénieux, basés uniquement sur la différence des densités des liquides qui entrent dans la composition de l'élément. Nous allons indiquer successivement comment s'opèrent l'évacuation du sulfate de zinc, l'entretien

de la solution de sulfate de cuivre et le renouvellement de l'eau.

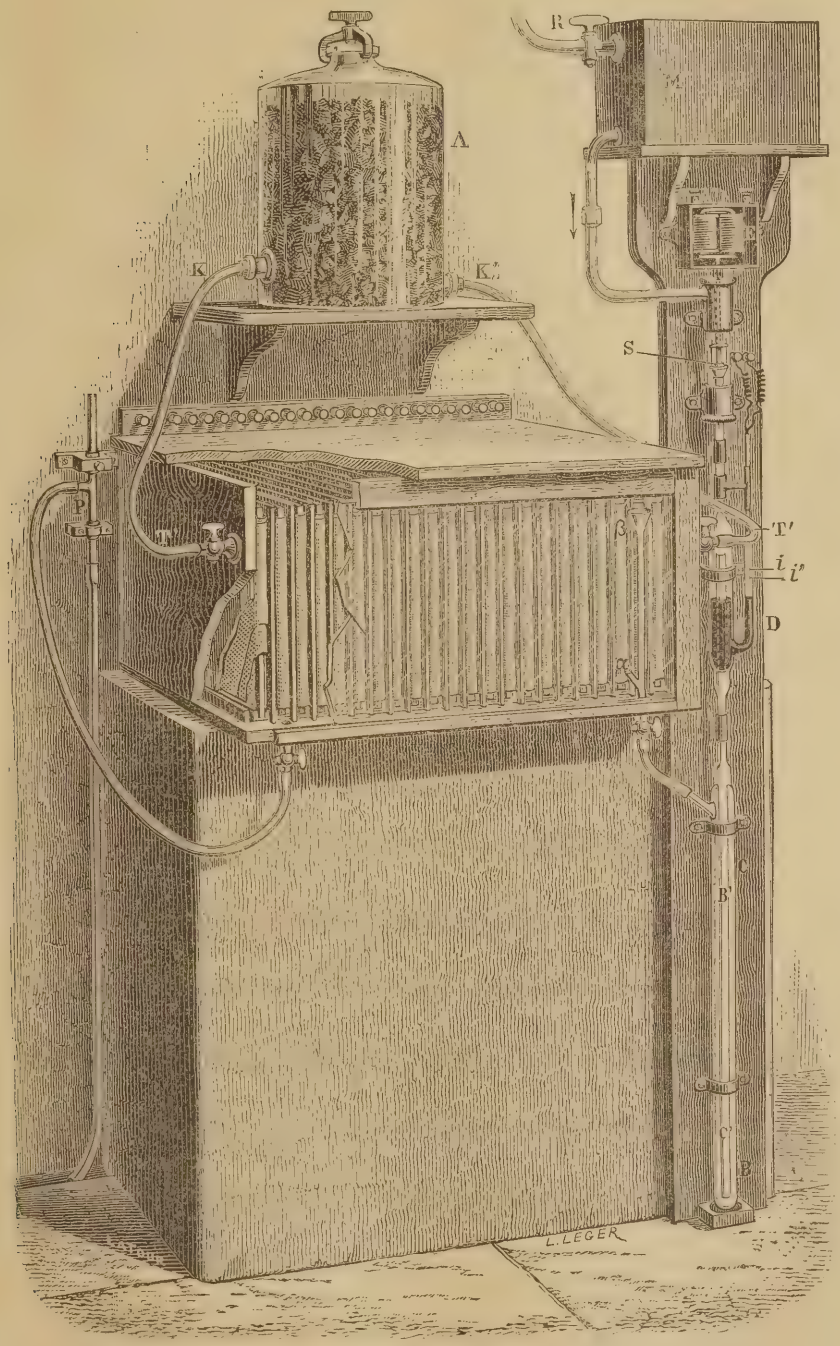


Fig. 1.

1° *Évacuation du sulfate de zinc.* — Cette évacuation se fait au moyen d'un simple *trop-plein*, figuré à gauche de la cuve sur notre dessin (fig. 1). L'une des extrémités du tube P débouche dans le fond de la cuve, l'autre communique avec l'égout par son extrémité inférieure, l'extrémité supérieure étant ouverte, ce qui empêche le système de s'amorcer et le tube de faire siphon.

Dès que le niveau de l'eau pure s'élève dans la pile, l'eau saturée de sulfate de zinc s'écoule par le trop plein. C'est, d'ailleurs, un produit parfaitement inoffensif que l'on rejette à l'égout.

2° *Entretien de la solution de sulfate de cuivre.* — Un flacon A hermétiquement fermé contient une solution concentrée de sulfate de cuivre avec une grande quantité de cristaux en excès.

Ce flacon est relié à la cuve par deux tubes K T, K' T' qui débouchent à la hauteur du niveau supérieur du sulfate de cuivre dans cette même cuve.

Il s'établit à travers les tubes K T et K' T' une circulation continue de sulfate de cuivre, en vertu de la variation de densité du liquide, en même temps que de la variation de richesse en cuivre.

Le liquide moins riche et moins dense remonte de la cuve dans le flacon A, tandis que le liquide saturé descend du flacon A dans la cuve.

Grâce à ce dispositif les élément baignent cons-

tamment dans une solution concentrée de sulfate de cuivre jusqu'à épuisement complet de la provision contenue dans le flacon A.

3° *Renouvellement de l'eau.* — Le système qui sert à alimenter d'eau l'appareil, est représenté à droite de notre gravure. Il se compose essentiellement d'un tube différentiel B C qui communique d'une part avec le manomètre à mercure D, et d'autre part, avec l'intérieur de la cuve par les ajutages α et β.

Il comprend encore un électro-aimant E dont le circuit est ouvert entre les deux contacts *i i'*, ou fermé suivant que, dans la branche de droite du

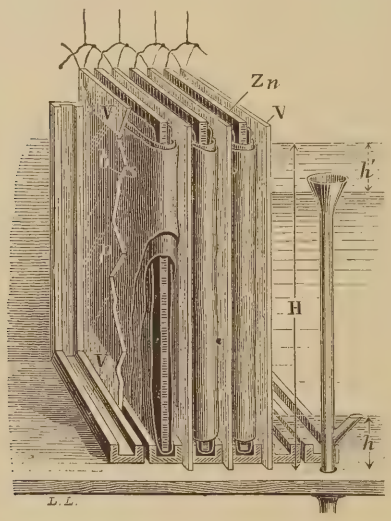


Fig. 2

manomètre, le niveau du mercure est plus ou moins bas ; cet électro-aimant commande le jeu d'une soupape S par laquelle il est introduit dans l'appareil une certaine quantité d'eau, réglée d'avance, dès que la couche inférieure de sulfate de zinc a atteint une hauteur déterminée. Voici d'ailleurs comment fonctionne le système.

Quand une certaine quantité de sulfate de zinc s'est formée et arrive au niveau de l'ouverture α, elle s'écoule dans le tube B C et vient faire pression sur une colonne de liquide contenue dans le tube intérieur B' C'.

Cette colonne transmet la pression au manomètre D et le mercure vient, en s'élevant dans une des branches du manomètre, fermer entre *i* et *i'* le circuit de l'électro-aimant E dont l'armature attirée soulève la soupape S. A ce moment, toute la quantité d'eau contenue dans le réservoir M et qui d'avance est mesurée automatiquement égale à la couche de sulfate de zinc à évacuer, est introduite dans la pile par le tube différentiel qui se trouve ainsi nettoyé et par les ouvertures α β. Un robinet R réglé de manière à ce que l'admission de l'eau se fasse avec une vitesse inférieure à celle de son écoulement permet au mesureur M de se vider entièrement ; à ce moment, le mercure du manomètre ne subissant plus aucune pression reprend une position d'équilibre dans les branches du manomètre, interrompant ainsi le circuit de l'électro-aimant E. Il va sans dire que le mesureur automatique M communique par le tube R, soit avec un réservoir, soit directement avec l'eau de la ville.

On voit donc que, périodiquement et par le travail même de la pile, un volume d'eau égal au volume de sulfate de zinc formé est introduit dans la cuve. L'introduction de l'eau se faisant par le haut de la pile a, en outre, l'avantage d'éviter la formation des sels grimpants.

Pour ce qui est du cuivre métallique déposé sur les lames de plomb, il suffit, lorsque le dépôt, qui est très adhérent et bien uniforme, a atteint une épaisseur de 2 à 3 millimètres, de sortir les lames de verre de leurs rainures et de gratter le dépôt ; on replace ensuite les lames dans la cuve et la pile est prête à fonctionner de nouveau.

Le modèle de pile O' Keenan, que nous avons été admis à contempler, était monté aux ateliers de M. E. Barbier et confié aux soins d'un jeune chimiste très aimable, M. Verchère, que nous sommes heureux de pouvoir remercier ici pour l'obligeance avec laquelle il a bien voulu nous donner les renseignements qui servent de base à cette note.

Le mérite de M. Verchère ne s'arrête d'ailleurs pas là ; c'est lui qui, au cours de ses expériences, a eu l'idée d'adapter au système d'écoulement de M. O' Keenan le mesureur automatique dont nous venons d'indiquer le fonctionnement, remplaçant par ce dispositif ingénieux un entonnoir qui, au point de vue de la pratique, n'offrait pas une très grande commodité. Je ferme cette parenthèse et je reviens à la pile dont je n'ai plus que quelques mots à dire.

Le modèle soumis aux essais contenait 22 éléments d'environ 25 centimètres carrés de surface, montés en tension, et débitait en court circuit 28 à 29 ampères. Ces 22 éléments alimentaient directement 10 petites lampes à incandescence de

16 volts et de 1,5 ampère, et l'on n'a eu qu'à se louer de leur fonctionnement qui a toujours été très régulier.

Le prix de revient de la pile est aisé à obtenir. On peut en effet très bien admettre que le cuivre, réduit par la pile et revendu, compense le prix d'achat du zinc ; on n'a donc comme dépense que le prix du sulfate de cuivre consommé.

On sait qu'un ampère-heure réduit 1,19 gr. de sulfate de cuivre en cuivre métallique ; donc, pour une pile quelconque, N ampères-heures réduiront un nombre G de grammes

$$G = 1{,}19 N t$$

t étant le temps pendant lequel la pile a fonctionné. C'est un calcul extrêmement simple à faire.

Nous laissons à nos lecteurs le soin d'apprécier le mérite et la nouveauté de la pile de M. E. O' Keenan. Nous nous bornerons à faire remarquer que, dans la pratique, il y aurait, à notre avis, toujours avantage à adjoindre des accumulateurs à cette pile. Ces derniers ont pour but de régulariser le débit et d'assurer une certaine quantité d'électricité disponible, dans le cas où la pile subirait une avarie.

B. Marinovitch

LES RECHERCHES RÉCENTES

SUR LE MAGNÉTISME (1)

Les expériences classiques de M. Rowland et ses recherches sur la relation expérimentale entre l'induction et la perméabilité magnétiques de certains échantillons de fer, constituent un très grand pas en avant dans l'étude du magnétisme. Et, quoiqu'un certain nombre de *praticiens* puissent peut-être trouver cette opinion paradoxale, nous pensons que ce progrès est, et sera surtout apparent dans la théorie, ou le calcul des machines dynamos, au moins en ce qui concerne leur champ magnétique, leur partie vitale, si on nous permet cette expression.

C'est en effet ces recherches, qui ont été l'origine du renouveau que les idées de Faraday sur la conception du circuit magnétique, ont eu en Angleterre, dans ces dernières années, et qui ont abouti dernièrement, par les travaux de MM. J. Hopkinson et Kapp, à une véritable méthode de calcul de la caractéristique d'uue machine donnée.

Nos lecteurs connaissent déjà le point de vue de M. Kapp, nous aurons prochainement à donner une étude de la théorie, beaucoup plus scientifique, de M. Hopkinson, mais dans ce présent article, nous voudrions dire quelques mots d'un travail préliminaire de ce savant, ce qui nous permettra tout en développant quelques considérations intéressantes, d'offrir aux praticiens un tableau contenant un grand nombre de données, sur les propriétés magnétiques et électriques des dérivés du fer.

Cette étude entreprise semble-t-il, dans le but d'obtenir ces données, l'ont conduit à des remarques du plus haut intérêt sur une propriété bien connue, sans doute, puisque c'est elle qui donne naissance au magnétisme rémanent, mais étendue, généralisée, et à laquelle, un savant anglais, qui s'en est le premier occupé d'une manière systématique, M. J. Eving a donné le nom d'*hystérésis*.

Le problème général de l'électromagnétisme n'est certes pas simple, et son étude a encore été compliquée par le fait que les phénomènes qui se présentaient les premiers, et tout naturellement, soit les propriétés des barreaux droits, soumis à l'action d'une bobine magnétisante, sont peut-être les plus compliqués.

Avec l'étude des anneaux fermés, employés par Stoletow et Rowland, on rentrait dans un cas beaucoup plus simple, celui de l'aimantation dite *solénoïdale*, le seul peut être, qui pourra jamais être traité par le calcul rationnel dans les applications pratiques, et auquel, on devra toujours chercher à ramener les autres, au moins comme approximation.

Rappelons en deux mots, la méthode employée par Rowland, pour déterminer par l'expérience la relation entre le flux magnétique d'induction, et la force magnétisante ; ou entre cette première quantité et la perméabilité. Il faisait usage d'une série d'anneaux des divers échantillons de fer, soumis à l'action d'une hélice magnétisante, et mesurait la variation totale du flux, produite par le renversement du courant.

On en déduit ainsi facilement pour chaque va-

(1) J. Hopkinson, *Philosophical Transactions, of the R.S.*, vol. 176, II. part. — Eving, *loc. cit.* — Rayleigh, *Phil. Mag.*, n° 135, 1886.

leur de la force magnétique H, l'induction B, et par les relations bien connues qui relient ces quantités, la perméabilité μ, l'intensité d'aimantation I, le coefficient d'aimantation induite k, en fonction les unes des autres [1].

Seulement, de cette manière, on opère sur des valeurs isolées, on ne suit pas pour ainsi dire, l'aimantation pas à pas ; en un mot, on ne fait pas passer le fer par un cycle magnétique.

C'est précisément l'étude de ces cycles qui a amené le prof. Eving à la reconnaissance de cette propriété qu'il a appelée l'*hystérésis*, et qui consiste dans ce fait que l'aimantation du fer, sous l'action d'une force magnétique variable, n'est absolument pas déterminée par la valeur actuelle de cette force, mais dépend du cycle parcouru.

Ce phénomène est du reste absolument général dans le magnétisme.

Maxwell, en modifiant la théorie de Weber sur le magnétisme induit, avait déjà indiqué des conséquences curieuses, vérifiées par l'expérience, et qui se rattachent à cette propriété.

Pour pouvoir reconnaître et étudier ce phénomène, il est nécessaire de modifier la méthode de Rowland, afin de pouvoir déterminer, non pas seulement les variations de flux, produites par l'application successive de deux forces extrêmes, mais sa valeur réelle après un cycle quelconque.

M. Hopkinson n'a pas employé les anneaux, tout en se servant d'un circuit magnétique qui réalise la condition d'un flux uniforme, au moins approximativement.

L'appareil dont il s'est servi est représenté par les figures 1 et 2 ; AA est une masse de fer doux recuit, d'une longueur de 457 millimètres sur 165 de large et 51 millimètres de hauteur ; cette masse est évidée de manière à laisser la place pour les bobines magnétisantes BB.

Les échantillons à essayer sont les deux barres CC' d'un diamètre de 12,65 m.m.; ces deux barres sont parfaitement ajustées dans les trous des extrémités du bloc AA, de même que sur leurs faces en contact.

Au milieu, entre les deux bobines B, se trouve la petite bobine d'exploration D ; cette bobine est reliée à un galvanomètre balistique, et en outre, elle est pressée continuellement par un ressort, en sorte que lorsque la tige C est tirée rapidement

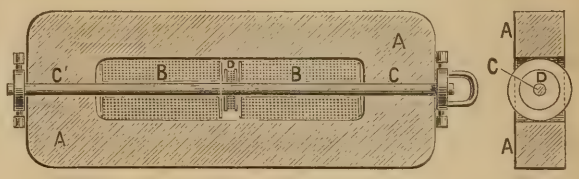


Fig. 1 et 2

en dehors du bloc, la bobine D est chassée hors du champ.

Naturellement, le circuit des bobines B est relié à une pile, et à un commutateur permettant, soit de renverser le courant, soit de le couper avant de faire jouer la bobine.

On peut donc ainsi soumettre l'échantillon à des forces magnétisantes quelconques, ou à un cycle d'opération complet, et mesurer le flux total d'induction pour une valeur déterminée ; ou bien le flux rémanent après interruption du courant.

Soit l la longueur des barreaux d'échantillons, ρ leur section; l' la longueur moyenne des lignes de force dans le bloc et ρ' la section correspondante, B et B' les valeurs de l'induction, on a :

$$\sigma B = \sigma' B' = F$$

F étant le flux total d'induction.

En outre, en intégrant la force le long du circuit métallique (qui dans ce cas absorbe la majeure partie du flux), on obtient la relation :

$$\frac{F\,l}{\mu\sigma} + \frac{F\,l'}{\mu'\sigma'} = 4\pi n i$$

---

[1] Nous rappellerons ici ces relations :

(1) $B = H + 4\pi I$

(2) $J = k H$

(3) $B = \mu H$

(4) $\mu = (1 + 4\pi k)$

Nous ajouterons, en outre, que B est une fonction qui doit satisfaire à l'équation de Laplace-Poisson, ou, ce qui revient au même, telle que le flux se conserve, tout le long d'un tube d'induction. Enfin H est une force définie par un potentiel; si le long d'une courbe fermée quelconque et quels que soient les milieux traversés, on effectue l'intégrale : $\int H\,d\,l$, cette expression est toujours nulle, où égale à $4\pi i$, i étant le courant total qui traverse la courbe considérée, et l la projection de l'élément de courbe sur H.

Ce dernier théorème est capital; c'est en partant de là, — sans le savoir comme Kapp, qui le remplaça par la considération de la résistance magnétique, ou explicitement comme Hopkinson — que ces deux auteurs sont arrivés à leurs méthodes de calcul des machines dynamos.

où n est le nombre total de tours de fil sur les bobines B B.

On arriverait aussi à la même équation en exprimant que la variation de potentiel magnétique est égale à 4π fois la puissance des feuillets magnétiques traversés.

Il ne s'agit pas dans ces expériences d'arriver à une exactitude très grande dans les mesures

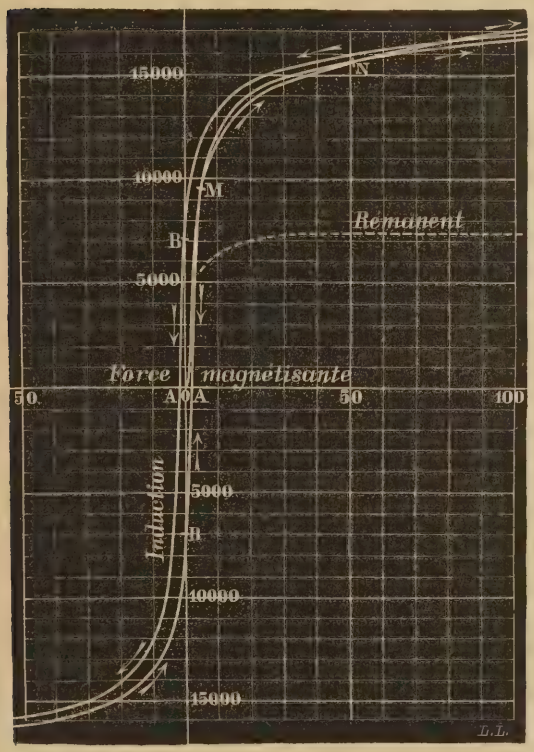


Fig. 3

absolues, mais bien d'obtenir les variations cycliques ; aussi peut-on, indépendamment de certaines corrections négligées, laisser de côté le terme relatif au bloc de fer doux, et écrire approximativement :

$$\frac{F\,l}{\mu\,\sigma} = 4\,\pi\,n\,i$$

Il est certain que, aux points de raccordement des barreaux avec le bloc, les lignes de force ne sont plus parallèles, mais cela n'introduit évidemment qu'une erreur de l'ordre du rapport du rayon du barreau à sa longueur, soit dans ce cas, plus petite que 6,3/320.

Une autre correction qui a peu d'importance dans le cas des échantillons très magnétiques, mais qui devient importante avec les aciers manganifères, c'est le fait que la bobine d'exploration mesure un flux plus grand que celui qui passe réellement dans le barreau ; il est facile d'en tenir compte, en faisant une expérience avec un barreau non magnétique.

M. Hopkinson a étendu ses observations à un grand nombre d'échantillons de diverses sortes de fers et d'aciers, et ce qui rend ces détermina-

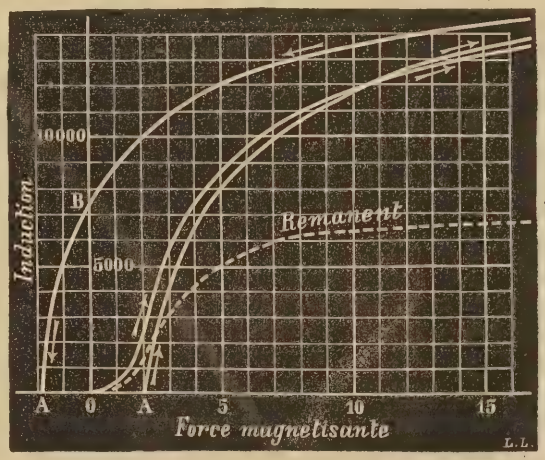


Fig. 4

tions précieuses, c'est que chaque échantillon a été soumis en outre à l'analyse chimique ; nous donnerons à la fin de cet article le tableau résumant les principales propriétés de ces échantillons.

Chaque échantillon a d'abord été soumis, conformément à la méthode de Rowland à des forces magnétiques toujours croissantes, en partant de l'état neutre et en allant jusqu'à une certaine valeur limite de la force magnétique (240 C. G. S.) ; une seconde courbe donne le magnétisme rémanent [1], (voir fig. 3 et 4) ; enfin l'auteur complète le cycle par deux courbes dites *descendantes* et donnant la relation entre l'induction et la force magnétique, après que celle-ci a passé par sa valeur extrême, positive ou négative [2].

---

[1] Obtenu, bien entendu, sur l'échantillon vierge.

[2] Les figures 3 et 4 se rapportent à un échantillon de fer doux recuit.

Le sens du cycle est indiqué par les flèches.

Ces courbes montrent bien le rôle considérable que joue l'*hystérésis*; l'induction ne peut absolument pas être considérée comme une fonction définie de la force magnétique; elle dépend en premier lieu du sens de variation de celle-ci, et enfin de la force extrême à laquelle l'échantillon a été soumis. On voit par là les complications que ce phénomène introduit dans toutes les questions où l'aimantation *variable* du fer joue un rôle; nous ne faisons qu'indiquer les cas les plus remarquables; celui de la bobine d'induction, des transformateurs, des machines à courants alternatifs, du noyau de l'induit des dynamos à courant continu. Enfin, il introduit une complication extrême dans la détermination des coefficients de self-induction des systèmes à noyaux de fer; en particulier, on ne peut plus admettre de suite l'invariabilité du flux d'induction, pour un cycle complet de la force magnétique. Hâtons-nous de dire du reste, que si cet effet est considérable dans les anneaux, il tend à être diminué dans une forte proportion, comme nous le verrons tout à l'heurs, dans le cas de noyaux limités.

Mais revenons à nos courbes cycliques.

La courbe *descendante*, qui détermine l'induction, en partant de l'aimantation extrême dans un sens pour arriver à l'aimantation extrême inverse, peut être définie en gros par les points A et B où elle coupe les deux axes coordonnés.

L'ordonnée O B caractérise l'induction rémanente, après application de grandes forces magnétisantes, ou ce que l'on pourrait appeler la *retentivité* magnétique (*retentiveness*) en étendant à ce cas le sens d'un mot, qui a déjà passé dans d'autres branches de la science. L'expression de force coercitive a toujours eu un sens assez vague, ce serait (voir le Traité de MM. *Mascart, et Joubert* vol. I, § 302) la cause inconnue qui produit le magnétisme rémanent.

M. Hopkinson propose de donner ce nom à la force magnétique (représentée par *o* A, fig. 3 et 4) qui ramène la subtance à l'état neutre, après l'application d'une force magnétique intense : c'est évidemment cette quantité qui joue le grand rôle dans le cas des aimants permanents courts.

Une autre valeur de la force magnétique digne d'être notée, est celle qui suffit pour détruire le magnétisme rémanent (force démagnétisante).

On retrouve sur ces courbes, les propriétés déjà établies par d'autres expérimentateurs, entr'autres la faible valeur de l'induction pour les forces magnétisantes faibles, dans le cas d'un échantillon vierge; on peut remarquer, en outre, que le magnétisme rémanent croît très vite, et atteint rapidement une valeur voisine de sa limite.

M. Hopkinson a étudié un grand nombre d'échantillons, 45, dont 20 avaient une composition différente (voir le tableau p. 321); la plupart ont été soumis à l'analyse chimique, dans le laboratoire de sir J. Whitworth.

Les principaux résultats des expériences sont contenus dans le tableau suivant qui nous l'espérons, sera de quelque utilité à ceux qui ont à s'occuper de projets de machines dynamos; nous savons combien il est difficile, en pareil cas, d'obtenir des renseignements un peu complets.

L'induction maximum indiquée, est celle qui correspond à la force magnétique limite atteinte par l'auteur, soit 240 C.G.S.; on trouverait l'aimantation correspondante, en soustrayant ce nombre de l'induction, et en divisant par 4π.

L'aimantation rémanente s'obtiendrait de même en divisant l'induction rémanente par 4π.

Nous indiquerons un peu plus loin la signification des chiffres de la dernière colonne.

Un fait remarquable est celui de la faible perméabilité magnétique des aciers manganifères, daus ce cas, l'induction est d'une manière très approchée, proportionnelle à la force magnétique, et on peut donner alors les valeurs de la perméabilité et de la susceptibilité; en voici quelques exemples se rapportant à des échantillons étudiés (voir le tableau).

Numéros	Perméabilité	Susceptibilité (1)
X	1 27	0 0215
X I V	3 59	0 206
XVI	3 57	0 2046
XXXV	1 84	0 0668

(1) Coefficient d'aimantation induite.

Numéros	Échantillons	Trempe	Analyse chimique						Résistance spécifique	Propriétés magnétiques				Énergie perdue $\times 10^{-1}$
			Charbon total	Manganèse	Soufre	Silicium	Phosphore			Maximum d'induction	O B Induction résiduelle	O A Force coercitive	Force démagnétisante	
I	Fer forgé	Recuit	—	—	—	—	—	—	1378×10^{-8}	18251	7248	2 30	—	1336
II	Fonte malléable	Recuit	—	—	—	—	—	—	3254	12408	7479	8 80	—	3474
III	Fonte grise	—	—	—	—	—	—	—	10560	10783	3928	3 80	—	1304
IV	Acier doux Bessemer	—	0 045	0 200	0 030	nul	0 040	—	1050	18196	7860	2 96	—	1714
V	Acier doux Whitworth	Recuit	0 090	0 153	0 016	»	0 042	—	1080	19840	7080	1 63	—	1029
VI	— —	Recuit	0 320	0 438	0 017	0 042	0 035	—	1446	187 6	9840	6 73	—	4012
VII	— —	Trempé à l'huile	»	»	»	»	»	—	1390	18796	11040	11 00	—	6579
VIII	— —	Recuit	0 890	0 165	0 005	0 081	0 019	—	1559	16120	10740	8 26	—	4237
IX	— —	Trempé à l'huile	»	»	»	»	»	—	1695	16120	81736	19 38	—	9940
X	Acier manganifère Hadfield	—	1 005	12 360	0 038	0 204	0 070	—	6554	310	—	—	—	—
XI	Acier manganifère	Sortant de forge	0 674	4 730	0 023	0 608	0 078	—	5368	4623	2202	23 50	37 13	3457
XII	— —	Recuit	»	»	»	»	»	—	3928	10578	5848	33 86	46 10	11396
XIII	— —	Trempé à l'huile	»	»	»	»	»	—	5556	4769	2158	27 64	40 29	4194
XIV	— —	Sortant de forge	1 298	8 740	0 024	0 094	0 072	—	6993	747	—	—	—	—
XV	— —	Recuit	»	»	»	»	»	—	6316	1985	540	24 50	50 39	1547
XVI	— —	Trempé à l'huile	»	»	»	»	»	—	7066	733	—	—	—	—
XVII	Acier silicieux	Sortant de forge	0 685	0 694	»	3 438	0 133	—	6163	15148	11073	9 49	12 60	4574
XVIII	—	Recuit	»	»	»	»	»	—	6185	14701	8149	7 80	10 74	3649
XIX	—	Trempé à l'huile	»	»	»	»	»	—	6195	14696	8084	12 75	17 14	5952
								Chrome						
XX	Acier chromé	Sortant de forge	0 532	0 393	0 02	0 220	0 041	0 621	2016	15778	9318	12 24	13 87	6144
XXI	—	Recuit	»	»	»	»	»	»	1942	14848	7570	8 98	12 24	4243
XXII	—	Trempé à l'huile	»	»	»	»	»	»	2708	13960	8595	38 15	48 45	16946
XXIII	—	Sortant de forge	0 687	0 028	»	0 134	0 043	1 195	1791	14680	7568	18 40	22 03	8594
XXIV	—	Recuit	»	»	»	»	»	»	1849	13233	6489	15 40	19 79	6484
XXV	—	Trempé à l'huile	»	»	»	»	»	»	3035	12868	7891	40 80	56 70	16705
								Tungsténe						
XXVI	Acier tungstenique	Sortant de forge	1 357	0 036	nul	0 043	0 047	4 649	2249	15718	10144	15 71	17 75	7857
XXVII	— —	Recuit	»	»	»	»	»	»	2250	16498	11008	15 30	16 93	8032
XXVIII	— —	Tremp. à l'eau froide	»	»	»	»	»	»	2274	—	—	—	—	—
XXIX	— —	Trempé à l'eau tiède	»	»	»	»	»	»	2249	15610	9482	30 10	34 70	14950
XXX	— — (franç.)	Trempé à l'huile	0 511	0 625	—	0 021	0 028	3 444	3604	14480	8643	47 07	64 46	21686
XXXI	— —	Très dur	0 855	0 312	—	0 151	0 089	2 353	4427	12133	6818	51 20	70 69	19766
								charbon graphit.						
XXXII	Fonte grise	—	3 455	0 173	0 042	2 044	0 151	2 064	11400	9148	3161	13 67	17 03	3979
XXXIII	Fonte truitée	—	2 581	0 610	0 105	1 476	0 435	1 477	6286	10546	5108	12 24	—	4109
XXXIV	Fonte blanche	—	2 036	0 386	0 467	0 764	0 458	Nul	5661	9342	5554	12 24	20 40	3638
XXXV	Spiegeleisen	—	4 510	7 970	trace	0 502	0 128	—	10520	385	77	—	—	—

Cette grande diminution des propriétés magnétiques suggère à M. Hopkinson l'idée que dans ce cas, on pourrait avoir affaire à un mélange mécanique de substance magnétique, et d'une masse non magnétique, il a même développé des calculs curieux sur les propriétés magnétiques d'un semblable milieu quand on suppose connue la loi de répartition.

Mais le fait du plus haut intérêt qui découle de la considération de ces cycles magnétiques, c'est la conclusion forcée, que dans un pareil cas, il y a nécessairement une certaine quantité d'énergie

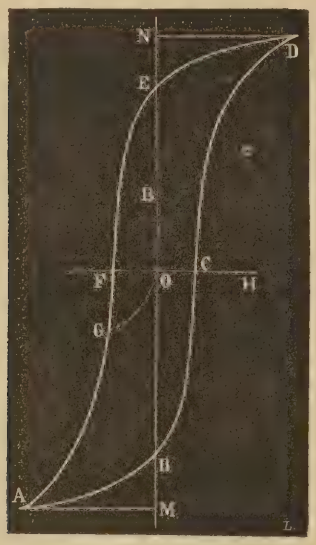


Fig. 5

perdue, transformée en chaleur pendant le cours du cycle.

Eving et Warburg ont montré antérieurement que le travail dépensé pendant un cycle d'aimantation était égal pour l'unité de volume du milieu, à :

$$-\int I\,dH$$

(I intensité d'aimantation, H force magnétique).

Il est évident que si I était proportionnel à H, cette intégrale serait nulle pour tout cycle complet, ce n'est que par suite de l'*hystérésis* qu'elle a une valeur finie.

Comme l'a montré L. Rayleigh (1) pour un cycle complet, on peut remplacer cette intégrale par l'une ou l'autre des expressions suivantes :

$$-\frac{1}{4\pi}\int B\,dH \quad \text{ou} \quad \frac{1}{4\pi}\int H\,dB$$

Donc le travail, rapporté à l'unité de volume est représenté par la surface comprise entre les deux courbes descendantes (fig. 3 et 4) (1). La fig. 5 reproduite d'après Eving se rapporte à un fer très doux, le cycle part des forces magnétisantes négatives intenses.

Considérons ce cycle d'un peu plus près.

De A en B, H est négatif et dB positif, la force électromotrice qui provient de la variation du flux de force dans le fer, s'ajoute à celle de la source, le fer fournit donc de l'énergie, représentée par la surface A B M ; de B en D, au contraire, un travail représenté par B D N B est fourni au fer ; de D en E, le fer restitue un travail égal à N E D, et enfin de E en A, on dépense encore du travail.

En somme, on voit que l'aire complète représente le travail dépensé, et comme le fait remarquer L. Rayleigh dans la note précitée, dans ce cas, le travail recouvré n'est jamais qu'une fraction très faible du travail dépensé dans les autres parties du cycle, on n'est pas en présence d'un système, absorbant et rendant alternativement de l'énergie avec une faible perte, mais plutôt d'une dissipation presque continue.

M. Hopkinson a remarqué que cette surface totale, est égale approximativement à 4 fois le produit de la force coercitive (telle qu'il l'a définie), par l'induction maximum, en sorte que l'énergie perdue, exprimée en *ergs* serait représentée approximativement par ce produit, divisé par 4π ; ce sont ces quantités qui sont indiquées dans la dernière colonne du tableau de la page 321.

On peut appliquer ce résultat au noyau d'une machine dynamo, quoique cependant, les variations d'aimantation auxquelles un élément de ce noyau se trouve soumises, ne soient peut-être pas absolument analogues à ceiles qui ont lieu dans le cycle considéré.

(1) Note sur l'aimantation, *Philosophical Magazine*, 1886, n° 135, p. 175.

(1) Cette surface n'est pas fermée sur notre figure, par ce qu'on n'a pu représenter l'extrémité des branches de courbes.

Il est intéressant néanmoins de chercher quel peut être dans ce cas la perte provenant de ce chef.

Considérons par exemple, le cas d'une machine dont les données suivantes sont indiquées par M. Hopkinson.

Elle renferme dans son noyau 9000 centimètres cubes de fer doux (tôles) ; la résistance du fil de l'armature est de 0,01 ohm, celle des électros de 8 ohms; elle donne 55 volts et 250 ampères à 900 tours, on aurait alors :

Énergie totale du courant	$= 144 \times 10^9$ ergs par seconde
Perte dans l'induit.....	$= 625 \times 10^7$
Perte dans les électros...	$= 378 \times 10^7$
Perte produite par l'aimantation et la désaimantation du noyau de l'induit.....	$= 9000 \times 15$ (tours par seconde) $\times 13360 = 18 \times 10^8$

D'après ce calcul, la chaleur engendrée dans les noyaux (indépendamment des courants de Foucault) serait environ la moitié de celle qui est dissipée dans les électros.

Si au lieu de prendre du fer doux, on avait employé de l'acier trempé, cette perte aurait pu s'élever à 20 o/o du travail utile.

Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent s'applique exclusivement aux circuits magnétiques fermés, ou aux anneaux.

Lord Rayleigh, dans la note que nous avons citée, a indiqué la construction suivante qui permettrait de déduire l'aimantation induite d'un corps placé dans un champ magnétique homogène H', connaissant la courbe d'aimantation relative à la force H totale (que l'on obtient immédiatement dans le cas des anneaux).

Naturellement, il faut considérer un corps limité par une surface du second degré (voir l'ouvrage de MM. Mascart et Joubert, vol. 1), puisque ce sont les seuls pour lesquels l'aimantation induite donne lieu elle-même en chaque point à une force constante.

On a alors :

$$H' = H - NI$$

en représentant par N une constante purement numérique des paramètres de la surface [1].

Nous connaissons H en fonction de I, en supposant qu'on peut identifier B et $4\pi I$; il suffira donc d'ajouter N I à H pour obtenir I ($4\pi I$), en fonction de H'.

La courbe A B C (fig. 6), est une de celles données par Eving ; ajoutons maintenant à H les abscisses de la droite O D, définie par l'équation :

$$H = NI = \frac{4\pi}{N} B$$

On obtient ainsi la courbe A Q E Q' F C qui indique la relation entre le champ extérieur et l'aimantation, pour le cas d'un ellipsoïde dont le diamètre polaire aurait 50 fois la longueur du diamètre équatorial.

Comme on le voit, il faut naturellement un

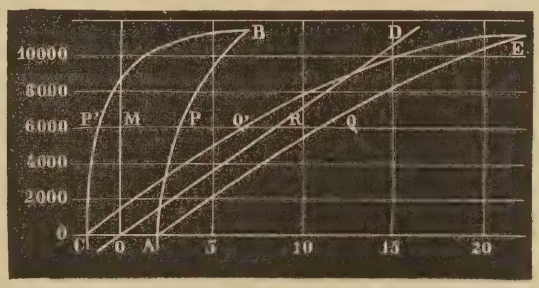


Fig. 6

champ extérieur beaucoup plus intense pour produire le même degré d'aimantation ; ce tracé met bien en évidence l'influence démagnétisante de l'aimantation induite.

Le point F où la courbe modifiée rencontre l'axe des ordonnées indique, en outre, quelle serait l'aimantation permanente de l'ellipsoïde ; d'après la figure, on peut calculer facilement qu'un ellipsoïde de la forme indiquée, et constitué par ce spécimen de fer doux, aurait un moment magnétique d'environ 11,3 unités C. G. S., par gramme, après avoir été soumis à une force magnétisante égale à environ 22 C. G. S.

E. Meylan

[1] On trouvera dans Maxwell *Electricity and Magnetism*, les valeurs de N en fonction de l'excentricité dans le cas des ellipsoïdes de révolution, allongés ou aplatis.

RECHERCHES

SUR L'ÉLECTROLYSE [1]

Lois relatives au rendement

Considérons un système électrique complet, c'est-à-dire formé d'une source d'électricité d'un circuit intermédiaire, et d'appareils récepteurs capables de produire des travaux de divers ordres (mécaniques, caloriques, chimiques) ; on donne en général le nom de *rendement* au rapport du *travail utilisable* T_u qui est accompli dans une portion du circuit extérieur au *travail total* T produit par le courant dans le système. Ce dernier, nous l'avons vu, est équivalent à la quantité d'énergie développée par les réactions électrolytiques de la source.

Pour le cas particulier où l'on admet, comme travail utile, la somme des travaux accomplis pour tous les points du circuit extérieur, conducteurs et récepteurs compris, ce rapport prend le nom de *coefficient économique* de la source, que celle-ci soit un appareil électrochimique, ou une machine dynamo-électrique.

Bien que les lois relatives au coefficient économique et au rendement proprement dit présentent plus d'un point commun, il importe de les énoncer séparément, afin de ne pas créer de confusion.

Les premières s'appliquent plus particulièrement à la source ou générateur d'électricité, les secondes, au système électrique considéré comme un système complet ; en d'autres termes, les premières lois se rapportent au rendement même des générateurs, les secondes au rendement de tout le système.

Nous ferons d'abord l'énoncé complet de ces lois, nous passerons ensuite à leur démonstration.

Lois relatives au coefficient économique

Première loi. — Le *coefficient économique* est égal au rapport entre la différence de potentiel aux bornes du générateur, lorsque le système est en fonctionnement, et la force électromotrice totale.

Cette dernière quantité est égale, en valeur absolue, à la différence de potentiel à circuit ouvert, lorsque le générateur est un appareil électrochimique.

Deuxième loi. — Principe du travail maximum — Le travail accompli par le courant dans le circuit extérieur est maximum, lorsque la *différence de potentiel* aux bornes du générateur est égale à la moitié de la force électromotrice totale.

Dans ce cas, et d'après la première loi, le coefficient économique est égal à 50 o/o.

Lois relatives au rendement proprement dit

Première loi. — Le *rendement* d'un système électrique est égal au rapport entre la force électromotrice de l'appareil récepteur qui produit le travail utile et la force électromotrice du générateur.

Deuxième loi. — Pour un système électrique isolé, d'une *résistance donnée*, le travail utilisable est maximum, lorsque la force électromotrice du récepteur est moitié de la force électromotrice du générateur.

Dans ce cas, et d'après la première loi, le rendement est égal à 50 o/o ; l'intensité du courant est moitié de celle du courant qui circulerait dans le système, si le récepteur n'était le siège d'aucune force électromotrice.

Le travail utile maximum ne correspond au travail maximum dans le circuit extérieur, dont nous parlions plus haut, que dans le cas où la résistance des conducteurs et du récepteur est nulle ou peut être considérée pratiquement comme nulle.

Troisième loi. — Si l'on ne tient pas compte de la valeur absolue du travail utile, le rendement est *indépendant* de la résistance totale du système.

Cette proposition, comme nous le verrons plus loin, s'applique sans le secours d'hypothèses aux appareils électro-chimiques, et découle de la loi de proportionnalité des forces électromotrices aux énergies mises en jeu dans les réactions électrolytiques.

Corollaires. — Théoriquement, elle est applicable aux machines dynamo-électriques, si l'on

(1) Voir *La Lumière Electrique* du 5 février 1887.

suppose leurs résistances passives nulles, et leurs vitesses constantes.

La vitesse de la génératrice est rendue constante par la disposition même de l'expérience, celle de la réceptrice en faisant varier l'effort.

Dans ces conditions, le rendement est indépendant de la résistance totale du système :

(*a*) *Lorsque les machines sont magnéto-électriques ou à champs magnétiques constants;*

(*b*) *Lorsque les machines, leurs inducteurs étant en série, présentent des caractéristiques semblables.*

Quatrième loi. — Le travail utile, le rendement restent invariables, quelle que soit la résistance du système, si l'on fait varier la force électromotrice du générateur et du récepteur, proportionnellement à la racine carrée de cette résistance.

Cette loi, énoncée pour la première fois par M. M. Deprez, s'applique aux machines dynamo-électriques aussi bien qu'aux appareils électrochimiques.

Dans un système électrique composé seulement de machines dynamos, il n'est pas nécessaire, comme pour la troisième loi, de faire abstraction des résistances passives qui restent constantes avec des vitesses et des *densités* de courants constantes, le poids des matières utiles restant invariable.

Nous traiterons, dans un chapitre spécial, de l'étude des rendements individuels des machines et des systèmes électriques ne comprenant que des machines; ce sujet se rapportant plutôt à la mécanique électrique qu'à l'électrolyse, qui en est un cas particulier.

DÉMONSTRATION DES LOIS RELATIVES AU COEFFICENT ÉCONOMIQUE

Ces lois se rapportent non seulement aux systèmes où le circuit extérieur est formé de résistances métalliques (fig. 1), mais aussi à ceux dont le circuit extérieur se compose de résistances quelconques, solides ou liquides, et d'appareils récepteurs capables d'accomplir un travail utile autre qu'un travail calorifique, et produisant ainsi une force contre-électromotrice (fig. 2).

La première loi se déduit directement des formules électriques représentant la définition même du coefficient économique.

L'expression du travail total T accompli pendant une seconde par le courant électrique dans tout le système, est donnée par la formule

$$T = \frac{E\,I}{g} \qquad (1)$$

Si nous envisageons une portion quelconque

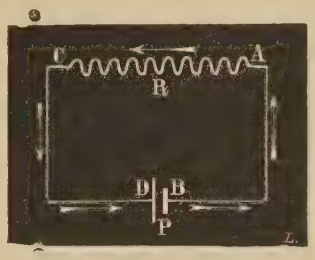


Fig. 1

d'un circuit indéfini, le travail t accompli par le courant de circulation sera donné par l'équation,

$$t = \frac{\varepsilon\,I}{g} \qquad (2)$$

ε étant la différence de potentiel à l'entrée et à la

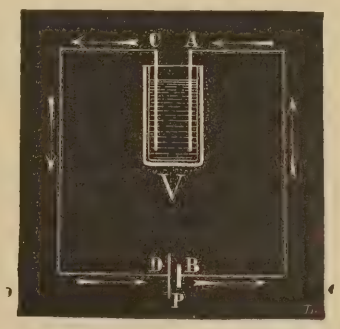


Fig. 2

sortie qui correspondent à la portion du circuit considéré.

Supposons égale à ε la différence de potentiel aux points B et D d'un système électrique en fonctionnement, représenté par l'une quelconque des figures intercalées dans le texte, D et B étant les points de contacts ou bornes du générateur.

L'expression (2) représentera le travail du courant dans le circuit extérieur et nous pourrons

écrire, pour la valeur du coefficient économique φ, d'après sa définition

$$\varphi = \frac{t}{T}$$

d'où

$$\varphi = \frac{\varepsilon}{E} \tag{3}$$

L'équation (3) n'est autre chose que l'expression mathématique de la première loi.

Pour la démonstration de la *seconde loi*, nous envisagerons d'abord le cas simple où le circuit

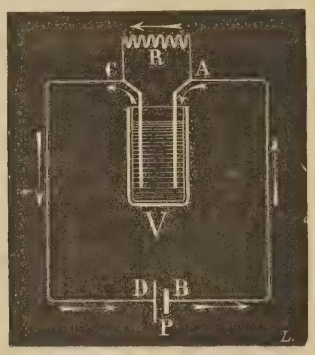


Fig. 3

extérieur du système n'est composé que d'une résistance solide, comme l'indique la figure 1.

Soient :

R la résistance du circuit extérieur B A C D ;
R_p, celle de la source *p*.
Si l'on remplace dans l'équation (1) :
I par sa valeur ;

$$I = \frac{E}{R_p + R}$$

nous aurons, pour la nouvelle expression du travail total développé par la source :

$$T = \frac{E^2}{R_p + R} \tag{4}$$

Or nous savons que, d'après les expériences de Joule et de Favre, le travail accompli par le courant dans le circuit extérieur est une fraction du travail total T, égale au rapport de la résistance de ce circuit à la résistance totale du système.

$$t = \frac{E^2}{R_p + R} \times \frac{R}{R_p + R}$$

que l'on peut écrire

$$t = E^2 \times \frac{R}{(R_p + R)^2} \tag{5}$$

On démontre en algèbre que *t* est maximum pour $R_p = R$.

Posons en effet :

$$\frac{R}{(R_p + R)^2} = \frac{1}{2m} \tag{6}$$

Le maximum cherché correspondra au minimum de *m*

Par une série de transformations l'équation (6) devient

$$R = m - R_p \pm \sqrt{m^2 (m - 2 R_p)}$$

R étant imaginaire pour toute valeur de *m* inférieure à 2 R_p le minimum de *m* est 2 R_p et l maximum cherché

$$\frac{R}{(R_p + R)^2} = \frac{1}{4 R_p}$$

d'où

$$R_p = R \text{ (1)}$$

Il est donc établi pour le cas pris comme exemple, que le travail produit par le courant dans toute la partie du système extérieure à la source est maximum, lorsque la résistance extérieure est égale à celle de la source.

Mais, dans ce cas, la différence de potentiel en B et D, aux bornes de la source, est évidemment égale à la moitié de la force électromotrice totale.

Si l'on considère un autre systèms (fig. 2) où le courant accomplit extérieurement à la source des

(1) Cette démonstration est celle qu'a donnée M. A. Niaudet dans son ouvrage sur les machines à courants continus.

travaux autres que des travaux calorifiques, pour une même différente de potentiel, aux bornes du générateur, le travail total extérieur sera encore maximum : cela est évident *a priori*.

La deuxième loi peut également s'appliquer à un système électrique, ou l'appareil récepteur, siège d'une force électromotrice, est shunté comme l'indique la (fig. 3), et, en général, à tout système dont le circuit extérieur est formé d'appareils récepteurs de diverses natures établis en série ou en dérivation.

Le travail extérieur sera dans tous les cas maximum, si la différence de potentiel aux bornes du générateur est égale à la moitié de la force électromotrice.

Dans un prochain article nous terminerons les notions générales qui se rapportent à l'électrolyse par la démonstration des lois relatives au rendement proprement dit.

A. Minet

REVUE DES TRAVAUX

Recherches sur la transmission de l'électricité à faible tension par l'intermédiaire de l'air chaud, par M. R. Blondlot (1).

En 1853 (2), M. Ed. Becquerel découvrit que les gaz portés à des températures élevées, laissent passer le courant électrique, même lorsque celui-ci n'est dû qu'à un seul élément de pile. J'ai été assez heureux, il y quelques années (3), pour confirmer pleinement la découverte de l'éminent physicien, laquelle avait été, à tort, mise en doute.

Depuis ce temps, j'ai essayé de poursuivre l'étude de la transmission du courant par l'air chaud ; l'exposé complet des recherches que j'ai entreprises à ce sujet fait l'objet d'un Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, et dont je vais donner ici un résumé sommaire.

Pour transmettre le courant à travers une couche d'air chaud immobile, comprise entre des électrodes parfaitement isolées, j'ai eu recours à l'appareil suivant : une cloche AA′ de porcelaine vernissée est fixée verticalement, l'ouverture en bas ; elle est elle-même entourée d'une épaisse cloche en fer, et le tout est chauffé par en haut à l'aide d'un fourneau Pérot modifié. C'est dans l'atmosphère chaude qui remplit la partie supérieure de la cloche de porcelaine que sont disposées les électrodes ; elles sont constituées par deux disques C, C′ en platine de 0,03 millimètres de diamètre, supportés par deux colonnes de platine prolongées elles-mêmes par des tiges de fer D et D′, fixées à des supports isolants ; deux fils de platine qui sortent de la cloche sans rien toucher permettent d'établir des communications entre les disques et les appareils situés à l'extérieur.

En formant un circuit comprenant une pile, les disques et un électromètre capillaire, j'ai d'abord vérifié le fait déjà annoncé par M. Ed. Becquerel, à savoir que ce n'est qu'à partir de la chaleur rouge que le courant commence à passer. Or j'ai indiqué précédemment (1) que la colonne d'air chaud qui s'élève d'un corps incandescent laisse passer le courant d'un seul élément, alors qu'un thermomètre qui y est plongé indique seulement une température de 70 degrés ; je crois que cela tient à ce que le courant d'air chaud est constitué par des filaments ou traînées dont quelques-unes ont une température très élevée et conduisent exclusivement le courant.

J'ai recherché ensuite si, en employant des piles de forces électromotrices de plus en plus faibles, on arriverait à une force électromotrice au-dessous de laquelle le courant ne passerait plus ; j'ais constaté que, une fois la chaleur rouge atteinte, le passage de l'électricité a lieu, même pour une force électromotrice de $\frac{1}{1000}$ de volt : donc, ou bien il n'y a pas de force électromotrice au-dessous de laquelle le courant ne passe pas, ou bien cette force électromotrice est extrêmement petite.

La portion la plus étendue de mon travail a eu pour but de résoudre la question suivante : les lois de la transmission de l'électricité à travers un gaz chaud sont-elles identiques à celles qui régissent cette transmission pour les corps solides et

(1) Mémoire présenté à l'Académie des Sciences, le 31 janvier 1886, par M. Becquerel.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXIV, 1853.

(3) *Comptes rendus*, 4 avril 1882.

(2) *Comptes rendus*, loco citato.

liquides? M. Ed. Becquerel a constaté des faits qui sont en contradiction avec ces dernières lois : il a constaté que « la résistance semblait dépendre « de l'intensité du courant et du nombre des élé- « ments de pile ». Je me suis proposé de poursuivre l'étude de cette question, et de rechercher si le principe d'Ohm est applicable à l'air chaud, autrement dit si le débit d'électricité à travers la couche d'air chaud est proportionnel à la différence des potentiels des électrodes qui comprennent cette couche.

La difficulté capitale de cette recherche pro-

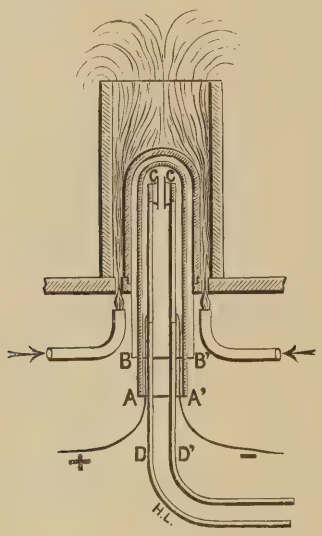


Fig. 1

vient, comme l'indique M. Becquerel, de l'impossibilité de maintenir la température constante ; je suis parvenu à tourner cette difficulté à l'aide d'une méthode de compensation spéciale, que je ne puis décrire ici, et dont l'exposé détaillé se trouve dans le mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Cette méthode m'a permis de constater que le débit, au lieu d'être proportionnel à la différence de potentiel, comme cela a lieu *pour les liquides* et *les solides*, *croît plus vite que cette différence*. Le résultat de mes expériences est représenté par la courbe ci-jointe, dont les abscisses représentent les forces électromotrices, en prenant comme unité la force électromotrice d'un élément à sulfate de cuivre, et les ordonnées les débits. La courbe est fortement concave vers le haut ; elle eût été une ligne droite si l'air avait suivi le principe d'Ohm.

Il résulte de là que l'air chaud n'a pas à proprement parler de résistance, et que, si l'on cherche à évaluer celle-ci par les procédés connus, on trouvera un nombre dépendant de la force électromotrice et de l'intensité du courant : ce qui explique les résultats obtenus par M. Ed. Becquerel.

Quel est le mécanisme de la transmission de l'électricité par l'air chaud? Je suis porté à penser que ce mécanisme est ce que Faraday a appelé la *convection*, c'est-à-dire le transport de l'électricité par les particules d'air venant se charger sur chacune des électrodes, puis se rendant ensuite

Fig. 2

sur l'autre en vertu des attractions et répulsions électriques et s'y déchargeant.

La convection, impossible à froid à cause de l'adhérence de l'air et du platine, devient possible à chaud par suite de la cessation de cette adhérence. Je suis loin toutefois de regarder cette hypothèse comme une vérité démontrée et, du reste, les faits expérimentaux exposés dans mon travail en sont complètement indépendants.

Sur la période variable des courants dans le cas où le circuit contient un électro-aimant, par M. Leduc (1).

Formules. — On admet, pour représenter la

(1) Note présentée à l'Académie des Sciences, le 31 janvier, par M. Lippmann.

période variable d'un courant dans un circuit dépourvu de fer, la formule

$$(1) \qquad i = I\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

dans laquelle i désigne l'intensité du courant au temps t, I son intensité finale, R la résistance totale du circuit, et L le coefficient de self-induction de ce circuit.

L'expérience nous a montré que cette formule n'est plus applicable lorsque le circuit renferme un électro-aimant, *même dans le cas où l'aimantation est proportionnelle à l'intensité du courant.*

D'une manière générale, si l'on représente par φ le flux de force total qui traverse le circuit à un moment donné, par E la force électromotrice de la pile ($E = I R$), et si l'on néglige :

1° Le retard dans l'aimantation ;

2° L'énergie transformée en chaleur par les courants induits dans le fer ;

3° Le magnétisme rémanent ou permanent,

on trouve aisément l'équation différentielle suivante :

$$(2) \qquad (E - Ri)\,dt = d\varphi$$

Considérons, en particulier, deux cas simples réalisés par l'électro-aimant de Faraday, lorsque les surfaces polaires sont distantes de moins de 0,01 mètre.

L'expérience montre que la valeur F du champ magnétique en son milieu peut être représentée, à moins de 1 pour 100 près, par la formule

$$(3) \qquad F = m_1\, i$$

pour des valeurs de i inférieures à 0,2 ou 0,3 C. G. S. (2 amp. ou 3 amp.), et par la formule de M. Frœlich

$$(4) \qquad F = \frac{m\, i}{1 + \mu\, i}$$

pour les valeurs supérieures à 0,3.

Examinons d'abord ce dernier cas et supposons que le champ magnétique s'établisse dès l'origine en suivant cette loi (4).

Si l'on désigne par S la surface totale qu'il faut attribuer au circuit enveloppant un flux de force uniforme et égal à F pour que le flux total ait la même valeur φ ($SF = \Phi$), l'équation (2) peut s'écrire

$$(E - Ri)\,dt = S\,m\,d\left(\frac{i}{1 + \mu\, i}\right)$$

ou

$$(5) \qquad \frac{1}{S\,m}\,dt = \frac{d\,i}{(E - Ri)(1 + \mu i)^2}$$

Cette équation doit être intégrée entre o et t, pour le premier membre, limites qui correspondent à o et i pour le second membre, si l'on considère l'établissement du courant proprement dit, et à — I et + i si l'on considère le renversement du courant au moyen d'un commutateur convenable. On obtient, dans le premier cas,

$$(6) \qquad t = A\,L\,[n + \mu\, I\,(n - 1)] + B\,\frac{i}{1 + \mu\, i}$$

et, dans le second cas,

$$(7) \qquad t = A\,L\,\frac{2}{1 - \mu\, I}\,[n + \mu\, I\,(n - 1)] + B'\,\frac{I + i}{1 + \mu\, i}$$

Si l'on pose :

$$\frac{1}{n} = 1 - \frac{i}{I}$$

on a :

$$A = \frac{S\,m}{R(1 + \mu\, I)^2} \qquad B = \frac{S\,m\,\mu}{R(1 + \mu\, I)} \qquad B' = \frac{S\,\mu\, m^2}{R(1 - \mu^2\, I^2)}$$

Dans le cas où la formule (3) est applicable, ces dernières deviennent

$$(8) \qquad t = \frac{S\,m}{R}\,L\,n$$

$$(9) \qquad t = \frac{S\,m}{R}\,L\,2n$$

Les formules (1) et (8) sont équivalentes. On en déduit la formule (9) en admettant que, dans le renversement du courant, les extra-courants

dits *de rupture* et *de fermeture* se superposent et ont à chaque instant la même intensité.

Expériences. — Les relations que nous venons d'établir n'ont pas été vérifiées d'une manière satisfaisante dans les expériences que j'ai faites sur un fort électro-aimant de Faraday. Ainsi, lorsque les surfaces polaires de cet appareil sont distantes de 0,5 c,m., et pour un courant inférieur à 2 ampères, la force magnétique F est assez bien représentée par la formule (3), dans laquelle on fait $m_1 = 26,300$. La surface S est difficile à évaluer. Je crois pouvoir admettre que la valeur S = 96,000 .cq. est exacte à 5 pour 100 près.

Dans une expérience où $I = 0,17$ et $R = 2,14.10^9$, la période variable aurait donc dû être représentée par

$$t = 1,05 \text{ L } n = 2,42 \text{ log. vulg. } n \qquad (10)$$

Or l'expérience a montré que le courant s'établit au début beaucoup plus vite que ne l'indique cette formule et plus lentement ensuite, de sorte que le courant n'atteint en réalité les $\frac{99}{100}$ de son intensité finale qu'au bout de 8,8 secondes, alors que la formule (10) donne pour la valeur de t correspondante ($n = 100$),

$$t_1 = 4^s,84$$

La courbe calculée et la courbe observée se croisent pour $\frac{i}{I} = 0,75$, c'est-à-dire $n = 4$, valeur pour laquelle on a :

$$t = 1^s,46$$

Cette différence entre le calcul et l'expérience peut s'expliquer par un retard *dans l'aimantation;* ce retard peut être dû aux courants induits qui prennent naissance dans la masse de fer, et dont l'action se retranche à chaque instant de celle du courant i. Or, si la valeur du champ est à chaque instant inférieure à celle qui correspond au courant d'intensité i à l'état stationnaire, la pile n'effectue au début qu'un travail inférieur à celui que nous l'avons supposée opérer, et le courant s'établit en conséquence plus vite que ne l'indique la formule (10) ; mais bientôt la pile doit accomplir, au contraire, un travail plus grand que nous ne l'avons supposé, car $\frac{d\varphi}{dt}$ va en diminuant, de sorte que le courant subit un retard de plus en plus considérable.

Je me propose de répéter ces expériences comparatives au moyen d'un appareil dont les constantes peuvent être rigoureusement déterminées, et de construire les courbes qui représentent les valeurs de i^2 en fonction du temps. Les aires comprises entre chacune des deux courbes (calculée et observée) et les axes de coordonnées devront être égales, si l'énergie transformée en chaleur par les courants induits dans les noyaux est négligeable.

J'ai fait un grand nombre d'expériences sur l'établissement et le renversement du courant dans le circuit de l'électro-aimant de Faraday. Je me bornerai à indiquer dans le Tableau suivant le temps t, qu'il faut au courant pour reprendre, après renversement, les $\frac{99}{100}$ de son intensité initiale et finale ; N désigne le nombre des éléments Bunsen qui servent à produire le courant d'intensité I ; D est la distance des surfaces polaires.

	N	1	2	4	8
	I	0 087	0 172	0 31	0 52
D =	0.....	»	29	13 53	7 43	4 50
	0 25 c.m.	»	»	15 30	»	»
	0 5.....	»	»	11 08	9 32	4 93
	1 c.m....	»	»	7 74	7 70	5 30
	2.....	»	»	5 87	5 56	4 88
	4.....	»	»	»	4 10	4 00
	40.....	»	»	»	2 80	»

Sur la conductibilité électrique des sels solides soumis à de fortes pressions, par L. Graetz (1).

La conductibilité électrique des solution salines ou acides a fait l'objet de plusieurs travaux qui ont éclairé cette question sur un grand nombre de points.

Les recherches, peu nombreuses il est vrai, entreprises sur la conductibilité électrique des sels solides ont jusqu'à présent démontré qu'ils conduisent très mal ou pas du tout à de basses températures ; leur conductibilité, qui devient percep-

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXIX, p. 315,

tible bien au-dessous du point de fusion, augmente avec la température. La conductibilité électrique des sels solides est donc d'une nature toute différente de celle de leurs solutions acqueuses.

M. Graetz a étudié la variation de la conductibilité avec la pression. Il faut remarquer que des pressions très fortes, pouvant produire, dans des substances amorphes, des groupements moléculaires, ainsi que l'a démontré Spring, l'influence de la pression sur la conductibilté des sels est très probable ; dans le même ordre d'idées, *M. Foussereau* a trouvé une résistance 20000 fois plus grande pour le phosphore jaune cristallisé que pour le phosphore rouge, et une résistance plus considérable pour le soufre en cristaux octaëdriques que pour le soufre en cristaux prismatiques.

La conductibilité des sels ou électrolytes solides dépendrait donc, dans une certaine mesure, de leur orientation moléculaire.

Le sel était placé dans un cylindre et comprimé par un piston isolé. La pression mesurée simplement par approximation atteignait une valeur maximum de 4000 à 4500 atmosphères.

On a admis comme pression initiale celle à laquelle le sel est soumis, lorsqu'il est simplement comprimé à la main, sans l'emploi de la vis de pression.

La résistance du cylindre de sel ainsi formé était mesurée au pont de Wheatstone, à l'aide de courants alternatifs et avec l'électro-dynamomètre.

Avant d'introduire le sel dans l'appareil, il était de toute importance de le dessécher complètement, la moindre trace d'humidité se faisant immédiatement remarquer dans les mesures.

D'après les résultats obtenus par M. Graetz, les substances qu'il a étudiées peuvent se classer en deux groupes dont les propriétés diffèrent essentiellement.

Le premier comprend le iodure, la bromure et le chlorure d'argent, le second le iodure, le bromure, le chromate de plomb et l'azotate de soude.

Dans le premier groupe, la résistance diminue avec la pression seulement et elle est indépendante du temps pendant lequel le sel est soumis à la pression maximum, la température restant la même.

Ainsi, la résistance d'un cylindre d'iodure d'argent, qui était à la pression initiale de 97,000 unités Siemens, était tombée, sous l'influence de la pression maximum, à 73,8 U. S. et conservait cette valeur à quelques unités près pendant plusieurs jours.

La résistance spécifique du iodure d'argent avait ainsi passé de $4500,10^{-6}$ à $20,1,10^{-6}$ c'est-à-dire qu'elle avait été réduite à $\frac{1}{200}$ de sa valeur initiale.

Dans les corps du second groupe, la conductibilité dépend à la fois du temps et de la pression. Un cylindre de bromure de plomb, par exemple, dont la résistance à la pression initiale dépassait 5 millions d'unités Siemens, donnait sous l'influence de la pression maximum les valeurs suivantes pour sa résistance mesurée à divers intervalles

h. m.	Unités Siémens
à 10 8	w = 450 000
10 25	312 000
10 55	250 000
2 30	220 000
4 —	220 000
6 —	219 000
15 heures après	219 000

La résistance s'approche donc d'une valeur limite qui est atteinte, suivant les conditions de l'expérience, après un temps plus ou moins long. Cette variation asymptotique semble indiquer, par analogie avec les essais de Spring déjà mentionnés, que, sous l'influence de la pression, les molécules du sel subissent un certain groupement ou polymérisation.

Dr A. P.

Sur les anneaux colorés de Nobili et les phénomènes électrochimiques qui leur donnent naissance, par M. Elsas (1).

On sait que lorsqu'on décompose de l'acétate de plomb, l'oxygène produit à l'électrode positive, donne lieu à un dépôt de bioxyde de plomb. En prenant comme électrode un métal poli, on obtient des colorations très vives qui changent avec l'épaisseur du dépôt en donnant des anneaux colorés dont la forme varie avec celle des électrodes employées. L'étude de ce phénomène, découvert par Nobili, a été repris par M. Gueb-

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXIX, p. 331.

hard, qui est arrivé aux résultats remarquables bien connus.

Ce physicien, en variant d'une façon systématique le nombre des électrodes et leur position relative par rapport à la plaque métallique sur laquelle se produisent les dépôts électro-chimiques, a obtenu des courbes d'une analogie frappante avec les lignes équipotentielles d'une distribution électrique dans une plaque, de mêmes contours et de mêmes électrodes, calculée d'après les formules de Kirchhoff. Aussi M. Guebhard a-t-il cru pouvoir formuler le résultat de ses mesures en disant que, lorsqu'on place à petite distance d'une feuille horizontale de métal, exactement limitée aux parois perpendiculaires d'une auge électrolytique, un système cylindrique quelconque d'électrodes verticales, les anneaux colorés qui prennent naissance figurent, avec une très grande approximation, le système théorique des lignes équipotentielles que donnerait l'application de ces mêmes électrodes sur un plan conducteur de même contour que la feuille.

Cette manière de voir a été combattue par MM. Mach et Voigt. Celui-ci, en développant la théorie mathématique de ces phénomènes, s'est efforcé de démontrer que les courbes électrochimiques concordent plutôt avec les résultats de cette théorie qu'avec l'explication de M. Guebhard. D'après M. Voigt, les courbes de Guebhard ne sont pas des lignes équipotentielles, mais des lignes d'égale intensité du courant électrique circulant dans l'électrode. Tout en n'admettant pas l'explication donnée par Guébhard, Mach démontre que les figures électro-chimiques représentent, avec une grrnde approximation, les lignes de niveau d'un courant électrique dans une plaque plane.

Dans le travail que nous analysons, M. Elsas conteste tout d'abord l'exactitude d'une des équations limites qui sont à la base de la théorie de Voigt. D'accord avec M. Guebhard, il n'admet pas que la surface de la plaque de métal soit une surface équipotentielle, c'est-à-dire, il n'admet pas l'exactitude de la relation.

$$\frac{d\,V}{d\,z} = 0 \quad \text{pour} \quad z = 0$$

Il prend comme base de son augmentation les considérations qui ont guidé H. Wild dans son travail sur les anneaux de Nobili. A la surface limite, la quantité d'électricité qui sort de l'électrolyte est égale à celle qui entre dans l'électrode. 2α étant l'épaisseur de cette dernière, k_2 son coefficient de conductibilité et k_1 celui de l'électrolyte, l'équation ci-dessus est remplacée par

$$k_1 \frac{d\,V_1}{d\,z} = k_2 \frac{d\,V_2}{d\,z} \quad \text{pour} \quad z = \pm\alpha$$

L'auteur formule ensuite le problème, pour divers cas particuliers, mais n'en donne pas la solution mathématique, solution fort difficile sinon impossible.

A l'aide de considérations physiques dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, M. Elsas étudie diverses formes d'électrodes et différentes positions de la plaque métallique; il arrive à la même conclusion que M. Guébhard, à savoir que les figures électrochimiques donnent une idée très approchée de la distribution du potentiel d'un courant électrique circulant dans une plaque conductrice très mince.

Dr A. P.

Sur la conductibilité électrique des mélanges de solutions acides, par M. Arrhenius (1).

La conductibilité des mélanges de solutions acides a été jusqu'à maintenant fort peu étudiée; les travaux de Bouchotte, de Paalzow entr'autres, ne permettent pas d'établir une loi précise avec laquelle on puisse calculer la *résistance* d'un mélange, d'après les proportions et la résistance de ses parties constituantes :

M. Arrhénius, de Riga, vient de compléter cette lacune; il est arrivé à quelques résultats nouveaux et intéressants que nous allons résumer brièvement.

La première question à élucider était la suivante. L'eau de dissolution, dans le mélange des solutions acidulées, reste-t-elle en totalité avec l'acide qu'elle a dissout ou bien, est-elle répartie entre les deux corps dans la proportion des molécules dissoutes ? Cette dernière solution paraît être exacte pour les acides, de nature analogue et de conductibilité électrique de même ordre, tels que l'acide acétique et l'acide butyrique; car les conductibilités, calculées en partant de cette hypo-

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXX, p. 53.

thèse, concordent très bien avec les nombres fournis par l'expérience.

On obtient par contre des chiffres trop élevés en calculant de la même manière la conductibilité des mélanges d'acides de nature dissemblable et de conductibilités différentes.

On arrive à une formule satisfaisante à l'aide de considérations fort simples. D'après l'auteur, une solution acide est dite *isohydrique* relativement à une solution d'un autre corps, lorsque l'eau de dissolution de chacun d'eux reste, après le mélange en totalité avec l'acide qu'elle a dissout. Considérons deux solutions électrolytiques de volume V_1 et V_2 ; soient l_1, l_2 leur conductibilité spécifique et $(V_1 + V_2)$, L les quantités correspondantes pour leur mélange ; on a la relation :

$$L(V_1 + V_2) = l_1 V_1 + l_2 V_2 = N_1 \mu_1 + N_2 \mu_2$$

N_1, N_2 étant le nombre des molécules des deux corps dissoutes par gramme de liquide, μ_1 μ_2 leur conductibilité électrique moléculaire correspondante.

Pour une augmentation d V du volume V_1 en supposant que le volume total $(V_1 + V_2)$ ne varie pas, on aura

$$(V_1 + V_2)\, d\,L = \left[N_1 \frac{d\,\mu_1}{d\,V} - N_2 \frac{d\,\mu_2}{d\,V}\right] d\,V$$

$$= \left[N_1 \mu_1 \frac{d\,\mu_1}{\mu_1\, d\,V} - N_2 . \mu_2 \frac{d\,\mu_2}{\mu_2\, d\,V}\right] d\,V$$

On calcule facilement le facteur $\frac{d\,\mu}{\mu\, d\,V} = \sigma$ à l'aide d'observations spéciales dans lesquelles on mesure la variation de conductibilité $d\,\mu$ correspondant à une variation d V du volume de l'eau de dissolution. C'est ainsi que M. Arrhenius a obtenu les valeurs suivantes de σ pour 6 acides ; la conductibilité des solutions étudiées avait la valeur indiquée dans la première colonne.

	Acide chlorhydrique	Acide oxalique	Acide phosph.	Acide tartriq.	Acide acétique	Acide butyriq.
$10^8\ l = 225$	0 027	0 262	0 262	—	—	—
15	0 0064	0 067	0 190	0 453	0 484	0 603
1	—0 014	0 075	0 085	0 332	0 377	0 473

La formule définitive devient donc à l'aide de la constante σ,

$$(V_1 + V_2)\, d\,L = (l_1 \sigma_1 - l_2 \sigma_2)\, d\,V$$

Les acides sont placés, dans le tableau ci-dessus, dans l'ordre de leur conductibilité moléculaire l ; σ est d'autant plus grand que l est plus petit. Dans la formule précédente, l'indice 1 se rapporte à l'acide de plus faible conductibilité et l'indice 2 à celui dont la conductibilité est la plus grande ; si l_1 et l_2 ne sont pas trop différents d L sera positif. On voit donc que si l'on mélange deux solutions d'acides différents et si la conductibilité spécifique du mélange est plus grande que celle de la moyenne des conductibilités des solutions primitives, l'acide de conductibilité plus faible a absorbé une partie de l'eau de dissolution de l'autre, et réciproquement.

Si la conductibilité spécifique du mélange est égale à la moyenne des conductibilités des dissolutions primitives, ces deux dissolutions sont isohydriques entre elles.

L'auteur montre, en outre, que si une solution A est isohydrique par rapport à deux autres B et C, ces deux solutions seront aussi isohydriques entr'elles.

Une dissolution d'un acide étant donnée, on détermine la conductibilité de la dissolution d'un autre acide qui lui est isohydrique, en faisant des mesures successives, avec des quantités égales de liquide, la première avec une dissolution de conductibilité plus grande que celle qui correspond à l'isohydrique, la seconde avec une dissolution de conductibilité plus faible ; une interpolation donne le pouvoir conducteur exact de la dissolution du second acide, qui est isohydrique à la dissolution donnée du premier.

Le tableau suivant donne le résumé des résultats obtenus par M. Arrhenius. La première colonne donne le nombre équivalent en grammes d'acide dissous par litre d'eau, la seconde le coefficient de conductibilité multiplié par 10^8 et affecté de son erreur probable. Les coefficients de conductibilité situés dans une colonne horizontale et appartenant à des solutions isohydriques entre elles diffèrent peu les uns des autres.

L'auteur a étudié, en outre, les mélanges des solutions d'acides de conductibilité égale Il a trouvé que la conductibilité d'un parei mé-

Tableau des solutions acides isohydriques entre elles.

Aide chlorhydrique HCl		Acide oxalique $(C_2H_2O_4)_2$		Aide phosphorique H_3PO_4		Acide tartrique $C_4H_6O_6$		Acide formique CH_2O_2		Acide acétique $C_2H_4O_2$	
Equival. en grammes par litres	onductibilité $\times 10^8$	Equival. en grammes par litres	Conductibilité $\times 10^8$	Equival. en grammes par litres	Conductibilité $\times 10^8$	Equival. en grammes par litres	Conductibilité $\times 10^8$	équival. en grammes par litres	Conductibilité $\times 10^8$	Equival. en grammes par litres	Conductibilité $\times 10^8$
0 1737	608 9 ± 35 4	0 513	607 3	—	—	—	—	—	—		
0 04611	168 8 ± 10 0	0 06255	139 7 ± 7 5	0 337	225 6	—	—	—	—		
0 0238	88 59 ± 2 9	0 0331	85 07 ± 3 5	0 0764	82 20 ± 8 17	0 520	75 00	—	—		
0 00475	17 98 ± 0 46	0 00488	16 27 ± 0 46	0 00702	16 11 ± 0 72	0 026	16 41 ± 0 45	0 1077	16 85 ± 0 64	1 000	13 81
0 001402	5 336 ± 0 134	0 00135	4 915 ± 0 175	0 00163	4 926 ± 0 174	0 00324	4 903 ± 0 146	0 01261	5 467 ± 0 15	0 0965	4 865
0 000349	1 524 ± 0 032	0 000396	1 582 ± 0 05	0 000440	1 479 ± 0 057	0 000498	1 499 ± 0 20	—	—	0 009175	1 476

lange varie très peu et qu'elle augmente, en général, d'une faible quantité atteignant au plus 3 ou 4 o/o.

Dr A. P.

Multiplicateur de potentiel, par M. W. Hallwachs (1).

Pour mesurer avec l'électromètre absolu de faibles différences de potentiel, de l'ordre de grandeur d'un volt par exemple, on est forcé de recourir au condensateur, afin d'obtenir une exactitude suffisante. L'emploi de cet appareil présente, dans ce cas, de graves inconvénients. Pour obtenir, avec de faibles potentiels, une charge suffisante, il faut donner au condensateur des dimensions excessives ou rapprocher jusqu'à la dernière limite les armatures, ce qui ne permet plus de supposer constant son facteur d'amplification.

En outre, la perte d'électricité par le condensateur devient sensible, lorsque la durée d'oscillation de l'électromètre est un peu grande.

On peut se mettre à l'abri de ces sources d'erreur en répétant la charge du condensateur et sa décharge à travers l'électromètre, assez rapidement pour faire disparaître cette dernière source d'erreur.

Le potentiel de l'électromètre sera, après un nombre suffisant de charges, égal à celui de la source d'électricité considérée multiplié par le facteur d'amplification du condensateur.

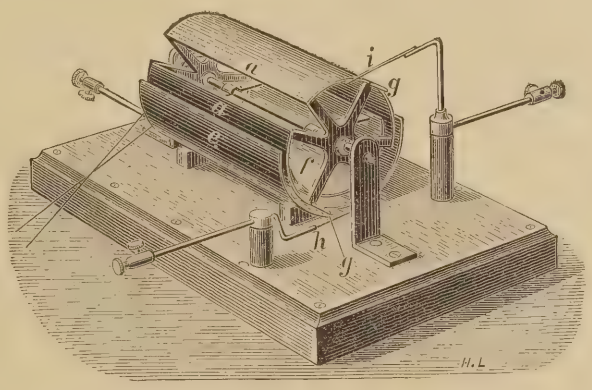
C'est sur ce principe qu'est construit le multiplicateur de potentiel, dont la figure ci-dessous donne une perspective.

Il se compose d'un condensateur semi-cylindrique, dont une des armatures fixe est reliée au sol pendant que l'autre est animée d'un mouvement de rotation.

Ce condensateur est formé par la surface cylindrique en laiton *a*, coupée en deux parties égales par deux fentes longitudinales ; ses extrémités sont portées par des rayons en ébonite, qui permettent de faire mouvoir le cylindre autour de son axe.

Ces demi-cylindres de laiton passent dans leur position inférieure entre deux autres demi-cylindres métalliques fixes, *e* et *f*; l'un d'eux est fixé à la base de l'appareil, l'autre à l'axe *d* ; tous deux sont reliés au sol. Lorsque le demi-cylindre mobile arrive dans sa position inférieure, il est mis en communication, avec la source d'électricité dont on veut mesurer le potentiel, à l'aide de l'appendice latéral *g* et du ressort de contact *h*, et il prend ainsi une charge électrique considérable ; une partie de cette charge est communiquée à l'électromètre, lorsque le demi-cylindre dans sa position supérieure, touche le contact *i*.

Les contacts *i* et *h* sont formés par des lames minces de maillechort qui ne subissent aucun changement dans leur position, lorsqu'elles frottent sur l'arrête supérieure des appendices triangulaires *g* ; la capacité du condensateur reste ainsi constante pendant la durée du contact, ces



lames sont portées par des tiges isolantes en ébonite.

On recouvre l'appareil d'une cage métallique pour éviter les influences extérieures et les variations du facteur d'amplification.

L'appareil étant relié à la source de potentiel *p*, l'un des demi-cylindres mobiles se charge au potentiel P ; le rapport $\frac{P}{p} = \nu$ est le facteur d'amplification du condensateur demi-cylindrique. C étant la capacité de ce condensateur dans sa position supérieure, et γ celle de l'électromètre, le potentiel de celui-ci devient après le contact en *i* :

$$\Psi_1 = P . \frac{C}{C + \gamma}$$

La rotation du second demi-cylindre est suivie

(1) *Annales de Wiedemann*, décembre 1886.

du même phénomène et le potentiel commun devient :

$$\Psi_2 = \frac{\gamma \Psi_1 C + P}{C + \gamma}$$

$$\Psi_2 = P. \frac{C}{C + \gamma} \left[1 + \frac{\gamma}{C + \gamma} \right]$$

Après le $n^{ème}$ contact, le potentiel sera devenu

$$\Psi_2 = P. (1 - \gamma) [1 + r + r^2 + \ldots + r^{n-1}] = P. (1 - r^n)$$

en posant :

$$r = \frac{\gamma}{C + \gamma}$$

Cette formule permet de calculer la capacité du multiplicateur et le nombre de tours nécessaires pour que l'électromètre se charge, dans un temps donné, à un potentiel P avec une approximation suffisante.

La capacité de l'électromètre étant connue, ou seulement le rapport de γ à C on peut alors calculer Φ_n en fonction de P et de n.

Dans les mesures de M. Hallwachs, la capacité de l'électromètre était égale à 6 fois celle du demi-cylindre, on a $\gamma = \frac{6}{7}$ et si l'appareil fait 2 1/2 tours par seconde, le potentiel P est atteint à 0,1, 0,01, 0,001, 0,0001, près, au bout de 3, 6, 9 ou 12 secondes.

Le rapport amplificateur se détermine en mesurant successivement le même potentiel avec l'électromètre muni de son multiplicateur et avec le galvanomètre. On a toujours trouvé pour rapport une constance parfaite; il était dans l'appareil ci-dessus égal à 9,355.

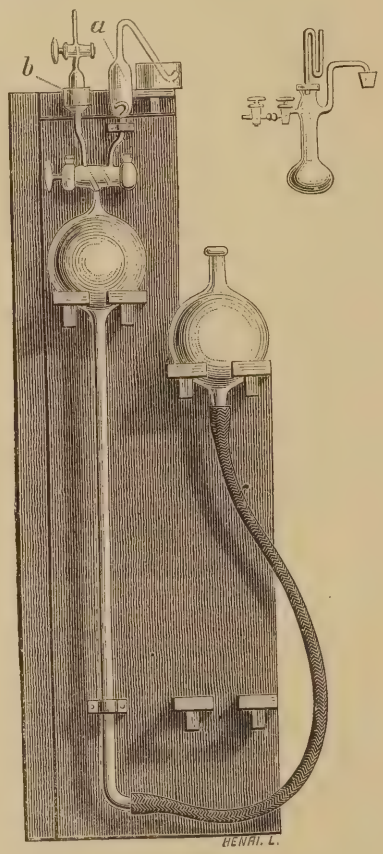
Cependant, pour effectuer les mesures avec toute la rigueur désirable, il faut observer certaines précautions indispensables et tenir compte de plusieurs influences secondaires. Ainsi il existe presque toujours entre les deux parties du condensateur cylindrique une petite différence de potentiel qui s'ajoute à celle qu'on mesure ; cette différence de potentiel dépend surtout de la nature des surfaces métalliques ; on l'élimine en inversant les mesures.

La vitesse de rotation du multiplicateur exerce aussi une certaine influence. Pour le détail des mesures et de leurs corrections, nous renverrons le lecteur au mémoire original.

Dr A. P.

Une nouvelle pompe à mercure de Greisser et Friedrichs.

Les pompes à mercure actuellement en usage, soit celles de Geissler, d'Alvergniat, de Tœpler,



de Sprengel, ont, à côté d'avantages éminents, des inconvénients sérieux.

Ainsi la pompe de Geissler exige un nombre considérable de robinets, celle d'Alvergniat-Tœpler est très fragile par suite de la complication du système de tubes raccordés entre eux, et celle de Sprengel ne se prête qu'à certains travaux.

La nouvelle pompe à mercure construite par MM. Greisser et Friedrichs à Stützerbach se distingue par la simplicité de sa construction et la facilité des manipulations et, elle permet d'arriver à un vide aussi parfait.

La caractéristique de cette pompe est un robinet de forme particulière. Il y a deux canaux obliques par rapport à son axe, qui l'orsqu'on tourne ce robinet de 90 ou de 180 degrés viennent se mettre en regard de l'une ou de l'autre des trois ouvertures dont le corps du robinet est percé.

De cette manière les stries qui se forment entre les parties rodées du robinet, n'ont aucune influence sur son étanchéité, en outre, les rotations du robinet sont de 90 et de 180 degrés pour les positions principales au lieu d'être de 45 et de 90 degrés comme dans la pompe de Geissler.

Le fonctionnement de l'appareil qui n'exige que la manipulation d'un seul robinet est très simple. Lorsqu'on élève la mercure, on tourne le robinet de telle sorte que le surplus de liquide puisse pénétrer dons l'appendice élargi *a* situé au-dessus du robinet, on ferme ensuite la communication en tournant le robinet de 90 degrés.

Le réservoir à mercure étant descendu, la sphère se vide, puis on tourne de nouveau le robinet afin d'établir la communication avec le tuyau d'aspiration. Le robinet est ensuite fermé, on fait remonter le mercure et le jeu continue de la même manière.

Dr A. P.

Note additionnelle sur la constante diélectrique des liquides, par G. Quincke (1).

Nous avons parlé dans nos revues des recherches par lesquelles M. Quincke avait cherché à établir que la constante diélectrique de certains liquides diminue, lorsque la force électrique augmente (2).

En employant la méthode de la balance électrostatique, les valeurs obtenues étaient toujours plus élevées que par la méthode du condensateur.

Le Dr J. Hopkinson, un des auteurs qui se sont le plus occupés de cette question, en étudiant les résultats de Quincke, a fait remarquer (*Royal Society*, 16 décembre), que l'auteur avait négligé l'effet de la capacité de la clef et des fils de secours, employés dans la méthode du condensateur ; cet effet tendrait naturellement à diminuer la valeur de la constante diélectrique déterminée par l'expérience.

C'est, du reste, bien ce fait qui était cause de la divergence, et M. Quincke lui-même l'a reconnu, dans une note additionnelle communiquée également à la Royal Society. L'auteur ayant comparé la capacité de la clef et des fils à celle du condensateur, il a trouvé que ces capacités étaient dans le rapport de 0,176 à 1.

Il y a donc lieu, dans chaque expérience, de corriger les déviations obtenues, soit avec le condensateur à air, soit avec le condensateur à liquide diélectrique ; le rapport des déviations corrigées donne alors la vraie valeur de la constante, qui naturellement est plus grande.

En tenant compte de cette correction, les nombres obtenus par la méthode du condensateur, concordent avec ceux que l'on obtient avec la balance électrostatique.

E. M.

(1) Note présentée à *La Royal Society* de Londres, le 16 décembre 1886.

(2) *La Lumière Électrique*, 1886, vol. XXII, p. 134.

Action d'un champ magnétique sur l'écoulement du mercure.

Le professeur H. Dufour, de Lausanne, a envoyé dernièrement à la Société Française de Physique, une note sur l'action qu'exerce un champ magnétique intense sur un filet de mercure en mouvement.

Comme la tension superficielle dépend de l'orientation des molécules, on pouvait prévoir que la vitesse d'écoulement serait modifiée par l'action d'un champ magnétique, qui donnerait lieu à un changement du coefficient de frottement.

C'est, en effet, ce que montre l'expérience : un tube capillaire horizontal étant placé entre les pôles d'un électro-aimant puissant, et l'écoulement produit par une pression constante de mercure, l'excitation de l'électro donne lieu à une veine plus allongée : preuve d'une augmentation de vitesse.

D'après l'auteur, cette expérience prouverait que la constante K de la formule de Poiseuille (1)

(1) Formule exprimant la vitesse v d'enroulement d'un liquide dans un tube capillaire en fonction de la pression P, du diamètre D, et de la largeur L du tube.

$$v = K \frac{P D_1}{}.$$

serait modifiée par l'action du champ. Le mercure étant diamagnétique, il serait possible que l'accroissement de vitesse en question provienne de la force magnétique qui, comme on le sait, pour une substance diamagnétique, tend a entraîner le corps dans les parties du champ les moins intenses.

Cette dernière action pouvant se déterminer par une expérience directe statique, on pourrait donc reconnaître quelle est la cause principale de l'accroissement de vitesse observé : variation du coefficient K, ou action mécanique directe.

E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Angleterre

Le tramway électrique Elieson. — Le système de traction de M. Elieson a été essayé pratiquement, le 20 janvier. Le travail est fourni par des accumulateurs Elieson, placés sur la voiture. La locomotive sort des ateliers de la *Electric Locomotive C°*, 6 great Winchester Street, à Londres.

Chaque élément des accumulateurs contient 11 plaques formant des grilles munies d'un grand nombre de trous ; elles mesurent 20 centimètres sur 22, et sont d'une épaisseur de 6 millimètres environ.

Les plaques sont alternativement formées de plomb spongieux et de peroxyde de plomb. Ce dernier est produit par un procédé analogue à celui employé pour la préparation de la lithanode, décrit par M. Fitzgerald à l'Association britannique, ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le dire dans une correspondance antérieure.

Il se compose d'un mélange de litharge et de 5 pour cent d'une matière inerte, comme de l'argile ou de la pierre ponce en poudre. On y ajoute un sel d'ammoniac ; libéré par la décomposition de ce sel, l'acide se combine avec l'oxyde de plomb et forme une composition à peu près insoluble avec ce métal.

On peut employer également bien, le sulfate, le phosphate, le chromate, le tartrate ou l'oxalate d'ammoniac.

Le mélange est placé dans un moule, et soumis à un jet de vapeur chargé d'un peu de glycérine, ce qui durcit la surface, dissout le sel et amène la réaction ; après quoi, la plaque est séchée et *formée* par le courant à la manière ordinaire.

La plaque poreuse de plomb est formée d'une manière analogue, et on augmente sa conductibilité au moyen de bandes longitudinales en plomb métallique.

Les deux plaques sont montées dans des cadres en celluloïde, pour empêcher tout contact dans les éléments.

Un nouvel accumulateur. — L'accumulateur de l'*Union Electric Power and Light C°* est formé de 13 plaques, ses dimensions sont de 28 × 15 × 18 centimètres, et pèse 9 kilogrammes. La capacité de l'élément parait être de 115 ampères-heures, ce qui correspond à environ 11,1 ampères-heures par kilogramme. La force électromotrice est de 2 volts en circuit ouvert.

Les trous sont carrés et contiennent chacun une masse formée de feuille de plomb et de papier d'amiante. Au fur et à mesure que les plaques se forment, les feuilles se gonflent et se fixent dans leur logement. Il n'y a donc aucune pâte qui pourrait se détacher par suite des mouvements de la voiture. La surface totale des feuilles de plomb est de 11 500 centimètres carrés, ce qui donne une très grande surface pour l'oxydation dans une plaque de la dimension indiquée.

La *North Métropolitan Tramway C°* a construit une ligne de ce système à Stratford. Le poids total de la locomotive est de 6500 kilogrammes, et celui de la voiture vide de 2700 kilogrammes, ou, en tenant compte de son changement normal de 46 voyageurs, de 5100 kilogr.

La voiture porte 90 accumulateurs.

Le voltmètre indiquait pendant la marche 170 volts, tandis que l'intensité variait de 55 ampères au démarrage à 25 ampères sur les paliers. Chaque élément pèse 34 kilogrammes et peut fournir 150 ampère-heures.

Tous les éléments sont chargés à raison de 40 ampères, mais ils peuvent être poussés sans danger à 60.

Le moteur électrique a des électros rappelant ceux de l'ancien type de Siemens, tandis que son armature est du type de celles des machines *Phœnix*.

J. Munro

États-Unis

Sonde marine électrique et avertisseur de bas-fonds de Irish. — Comme l'indique son nom, cet appareil est destiné à être employé à bord des vaisseaux pour mesurer la profondeur de l'eau. Il est appelé à remplacer le plomb de sonde d'un usage si incertain et si peu commode, et sur lequel il présente plusieurs avantages importants. Le sondage au plomb réclame toujours une certaine somme de travail et d'expérience pratique, et l'on perd souvent un temps considérable à ralentir, pour cette opération, la marche du navire ou à l'arrêter complètement. Fréquemment il arrive que des vaisseaux laissent ainsi passer l'heure de la marée et sont empêchés par cette seule cause d'entrer dans le port ou dans les docks pour y opérer leur chargement ou leur déchargement, d'où résulte par fois des pertes de frets pour les propriétaires des navires.

L'appareil complet de la sonde marine électrique se compose d'un plongeur ou sonde, dont nous reproduisons ci-dessous trois spécimens ; d'une ligne contenant un conducteur isolé flexible enroulé sur un caret ; d'un indicateur et d'un registre marquant la longueur de ligne filée ; enfin d'une sonnerie d'alarme et d'une pile électrique. Ces deux dernières peuvent être placées sur le pont, dans la chambre des machines ou en tout autre endroit convenable du navire.

La sonde se compose simplement d'une lourde pièce métallique, de forme cylindrique, percée au centre, d'un trou d'environ trois millimètres de diamètre et de plusieurs centimètres de profondeur. Cette cavité renferme une petite quantité de mercure qui la remplit en partie, et elle est fermée par un chapeau à vis imperméable à l'eau, dans lequel passe le fil isolé.

L'extrémité du fil qui pénètre dans la sonde est normalement isolée, quoiqu'elle soit dénudée dans l'intérieur de la cavité ; lorsque la sonde est suspendue dans une position verticale ou à peu près, l'extrémité du fil reste isolée. Mais si elle est couchée horizontalement ou fortement inclinée, comme il arriverait si elle venait à traîner sur le fond ou à le toucher, le mercure coule le long du canal dans lequel il est renfermé jusqu'à ce qu'il entre en contact avec l'extrémité dénudée pu fil isolé; il ferme ainsi le circuit électrique entre le métal de la sonde et le sol et fait retentir la sonnerie d'alarme.

L'indicateur est renfermé dans une boîte métallique portant un cadran sur lequel sont des chiffres indiquant le nombre de brasses (*fathom* = 1,83 mètres), et une aiguille qui avance d'une division à chaque brasse de ligne filée sur la roue qui la fait mouvoir. Pour donner l'alarme, on peut se servir de n'importe quelle sonnerie électrique ordinaire, ainsi que de tout système de pile.

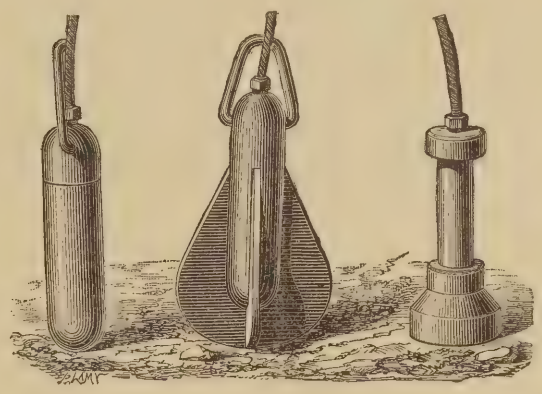


Fig 1, 2 et 3

Un vaisseau faisant usage de cet appareil n'aurait pas besoin de jeter la sonde par-dessus bord, comme on le fait avec le plomb ordinaire, attendu que la sonde passe à travers un tuyau appliqué sur le flanc du navire et s'étendant au-dessous de la quille. La sonde est filée du bout inférieur du tuyau en faisant simplement fonctionner un levier placé sur le pont. L'avantage de cette disposition est que le traînage sur la sonde et sur la ligne qui la supporte est considérablement réduit, ce qui permet un sondage beaucoup plus rapide, tout en conservant au vaisseau une vitesse plus grande qu'il ne serait possible avec la méthode ordinaire.

Les figures 1 et 2 représentent deux modèles de sonde qui ne diffèrent que par leur aspect extérieur. Le modèle représenté figure 3 est destiné à relever le sondage sur des vaisseaux qui ne sont

Pas en marche. Dans ce dernier cas, la ligne, avec son conducteur isolé, passe par le chapeau à fermeture étanche; le fil est relié à une tige métallique isolée qui aboutit au milieu du tube élastique étanche. Ce dernier relie le chapeau avec le poids, qui est égalemsnt pourvu d'une tige pénétrant dans le tube en gutta-percha jusqu'à la première tige à laquelle la ligne est rattachée lorsque l'extrémité lourde de la sonde est supportée, comme cela arrive quand elle touche le fond.

Lorsque la sonde est suspendue, son poids allonge le tube élastique et sépare les contacts l'un de l'autre, maintenant ainsi le circuit ouvert. Mais aussitôt qu'elle touche le fond, le tube élastique se rétracte, ramène les deux tiges en contact l'une avec l'autre, le circuit électrique se ferme et fait fonctionner la sonnerie d'alarme, le corps métallique de la sonde établissant la communication avec le sol.

Polarisation des bobines de résistance. — A la dernière séance de l'*Association américaine pour l'avancement des sciences*, le professeur J C. Mendenhall a donné des détails sur un phénomène qu'il a observé dans l'emploi de bobines de résistance. Il a remarqué notamment que les bobines continuaient à émettre un courant, lors même que la source extérieure de ce courant avait cessé.

Le professeur Mendenhall paraît attribuer ce phénomène à une charge statique; la déviation obtenue au moyen de la bobine dans laquelle le courant a passé, serait due, selon lui, à une *charge résiduelle*.

Des recherches subséquentes semblaient devoir faire attribuer la cause de ce phénomène à l'échauffement produit à la jonction du fil de la bobine avec des parties formées d'un autre métal, ce qui aurait pour résultat la production d'un courant thermo-électrique.

Tout récemment, le professeur B. F. Thomas, de Columbus, (Ohio), a soumis cette question à un nouvel examen et nous semble avoir découvert la cause réelle des faits observés; savoir, l'action électrolytique due à la condensation de l'humidité dans les bobines. Dans un article publié dernièrement, le professeur Thomas donnait sur ce sujet les détails suivants :

L'examen de nos bobines fut entrepris en partant de la même idée, et en faisant usage de la méthode au moyen de laquelle on étudie les décharges d'un condensateur, en substituant au condensateur la bobine soumise à l'examen.

Le galvanomètre employé était un appareil astatique de Thomson, de 6000 ohms de résistance construit par Elliott frères; l'aiguille faisait une oscillation en dix secondes environ. Nous nous servions d'une pile de Fuller et d'un manipulateur de décharge de Sabine. La polarisation fut constatée dans chaque bobine du laboratoire sauf dans un modèle d'étalon de la *British Association*, construite par Elliott frères.

L'auteur a trouvé également une polarisation semblable dans une boîte de Hartmann empruntée pour examen à MM. Queen et Cie. Le résultat variait considérablement dans les différentes bobines de la même boîte, notamment dans une boîte de 100 000 unités de la maison Elliott, dont une bobine de 40 000 donnait 40 degrés de déviation, tandis que les autres bobines de la même boîte ne donnaient que 6 ou 7 degrés chacune. En ouvrant la boîte, on reconnut que la bobine de 40 000 unités avait été chauffée au point que la paraffine était fondue, tandis que les autres bobines étaient bien couvertes comme le sont ordinairement les bobines d'Elliott.

La boîte de Hartmann, dont les bobines n'étaient pas paraffinées, fit ressortir l'effet plus énergiquement qu'aucune autre, sauf la bobine de 40 000 unités d'Elliott. On remarquera à cette occasion, que la borne de la bobine reliée pendant la charge au pôle positif de la pile, était elle-même positive pendant la décharge; qu'en renversant la pile, on renversait également la déviation de décharge; que la déviation n'était pas momentanée, comme avec les condensateurs, mais qu'elle indiquait un courant continu, diminuant lentement, mais ne cessant de se manifester, dans certains cas, qu'au bout de huit ou dix heures; que, lorsque la bobine était chargée par la pile pendant quelques minutes, puisque l'on renversait le courant et le laissait circuler pendant quelques minutes encore, le courant de décharge était dû tout d'abord au dernier courant de charge, puis était suivi, après une courte interruption, d'un autre courant de décharge dû à la première direction du courant de polarisation.

On prépara ensuite une bobine d'expérience de 1890 ohms, de fil isolé avec du coton non paraffiné. Elle fut bobinée par une journée chaude et pluvieuse, et, essayée immédiatement, elle mani-

festa la plus forte polarisation que nous eussions constatée jusqu'alors, chassant le trait lumineux hors de l'échelle. La bobine fut ensuite maintenue pendant une heure dans un four à air chaud, à la température de 150 degrés centigrades, puis essayée de nouveau lorsqu'elle fut refroidie. On ne put constater alors aucune trace de polarisation, bien que le courant de charge eût été augmenté.

Les observations précédentes prouvent évidemment que la polarisation électrolytique doit être la cause du phénomène ; la dernière expérience montrait que, pour cette dernière bobine, la polarisation était dûe à l'électrolyse de l'humidité de l'air ambiant absorbée par le coton isolant.

La bobine d'essai fut alors chauffée, puis imprégnée soigneusement de paraffine pure, et enfin égouttée, tandis qu'elle était encore chaude, jusqu'à ce qu'elle parût, autant que possible, être dans les mêmes conditions que la bobine de 40,000 unités d'Elliott ; essayée à froid, elle ne présenta aucune trace de polarisation. Abandonnée à elle-même pendant 10 jours, la bobine fut essayée de nouveau et montra une forte polarisation. En la chauffant encore, on fit disparaître entièrement la polarisation. Une goutte d'eau mise sur la bobine fit, en cinq secondes, apparaître la polarisation, et, au bout de cinq minutes, l'effet était assez puissant pour chasser l'aiguille contre ses arrêts.

L'erreur qui peut résulter de la polarisation dans les mesures de résistances n'a pas été déterminée, mais il résulte des observations mêmes du professeur Mendenhall, qu'elle peut être considérable.

Il est évident que les bobines non paraffiinées sont, par suite, peu convenables pour des mesures exactes, et que les bobines bien paraffinées (telles que les étalons de l'unité de la B. A), ou des bobines récemment chauffées et paraffinées sont préférables.

Le paraffinage des bobines ordinaires, même quand il est fait aussi soigneusement que dans les bobines d'Elliott, ne constitue pas une protection permanente, sans doute à cause du fendillement de la couche de paraffine, ce qui permet à la vapeur d'eau d'atteindre le fil et de l'isoler.

Un essai préalable déterminera promptement l'état de chaque bobine.

Une boîte pourrait être garantie contre cette polarisation en remplissant l'espace qui entoure les bobines préalablement chauffées, de paraffine pure, suffisamment chaude pour couler librement.

Un autre moyen, meilleur, à certains égards, consisterait à monter les bobines dans une boîte imperméable avec des joints inaccessibles à l'humidité, et à remplir l'intérieur de pétrole : avec

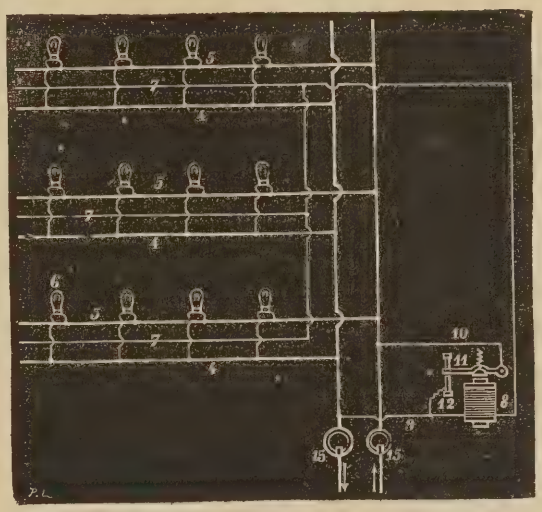


Fig. 4

une boîte semblable, il ne pourrait y avoir aucune incertitude quant à la température des bobines.

Circuits de sureté pour l'éclairage électrique. — L'expérience a démontré que, bien que les conducteurs employés pour l'éclairage électrique fussent parfaitement à l'épreuve du feu, on n'est cependant pas à l'abri de tout danger, à moins que les isolateurs ne soient en même temps imperméables à l'humidité, attendu que celle-ci peut,

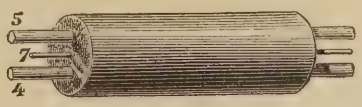


Fig. 5

en établissant des courts circuits dans les fils, donner naissance à des courants anormaux.

Pour éviter la possibilité de la formation de circuits semblables, M. Edwin T. Greenfield, de New-York, a imaginé tout récemment une combinaison, grâce à laquelle chaque circuit de lumière électrique communique avec un fil neutre ou de sûreté. Ce dernier est relié avec un indicateur ou avertisseur, de telle sorte que le courant

dérivé donne l'alarme ou coupe le circuit menacé.

La figure 4 représente une des méthodes à employer pour obtenir ce résultat. Le fil neutre 7 accompagne les conducteurs 4, 5 et est renfermé dans le même isolant qu'eux, comme le montre la figure 5 ; il est relié à un électro aimant 8 et de là, par le fil 9, au conducteur négatif.

Un circuit dérivé met en outre en relation les deux conducteurs + et — à travers le contact établi par l'armature de l'électro et sa vis d'arrêt inférieure. De sorte que lorsque le courant traverse l'électro, l'armature est attirée, les conducteurs principaux sont mis en court circuit, ce qui a pour conséquence de faire fonctionner immédiatement les contacts fusibles 15. De cette manière, le circuit d'éclairage est protégé contre tout danger de destruction des fils.

J. WETZLER

VARIÉTÉS

Nous donnons, a titre de curiosité, quelques extraits d'un ravissant petit traité d'électricité, paru il y a un peu plus d'un siècle, à Vienne, et devenu introuvable aujourd'hui.

Nous pensons que nos lecteurs nous sauront gré de leur présenter le texte original d'un cours d'électricité, où ils retrouveront, à côté des hypothèses de Simmer et de Franklin, une véritable chronique écrite par un contemporain d'Ingenhousz (1).

Notions préliminaires

L'électricité est certainement aujourd'hui un des plus intéressants sujets de la physique expérimentale : le peuple cependant ne l'envisage encore que comme un objet de pure curiosité, d'ailleurs peu utile et si mystérieux, qu'il croît que l'esprit humain ne peut l'approfondir. Son erreur à cet égard importe assez peu ; mais ce qu'il y a de fâcheux, c'est que parmi ceux qui sont fort au-dessus du peuple, la plupart, si l'on en excepte ceux qui ont cultivé la physique, pensent encore comme le petit peuple au sujet de l'électricité.

La lecture de ce petit ouvrage, s'ils daignent le lire, pourra peut-être les détromper : c'est en leur faveur que j'ai été engagé à le faire imprimer. Peut-être fera-t-il assez d'impression pour dissiper les préjugés et convaincre tout homme capable de raisonner, que l'électricité est reellement un sujet aussi intéressant pour le bonheur public, qu'il est frappant par toutes les merveilles qu'il ne cesse d'étaler à nos yeux.

Je ne prétends pas ici au titre d'auteur ; puisque je n'ai fait que rassembler dans un ordre plus suivi et plus précis, ce que j'ai trouvé épars dans plusieurs autres ouvrages. Il n'y a à moi dans celui-ci que le choix des expériences électriques, avec l'ordre, l'enchaînement et la liaison, que j'ai cru devoir mettre dans les conséquences qui en résultent relativement à la théorie, et qui m'ont paru les plus convenables pour donner une idée juste, précise et complète des principes fondamentaux de l'électricité.

C'est dans les œuvres mêmes de M. Franklin, où j'ai principalement puisé pour former ce précis que je donne au public. J'ai aussi eu recours a d'autres excellents ouvrages et particulièrement à celui que M. l'abbé *Herbert*, professeur de physique à Vienne, nous a donné en latin en 1772.

J'ai de même mis à profit plusieurs expériences et observations récentes et intéressantes, que le savant M. d'*Ingenhousz*, médecin de LL. MM. I. et R. a eu la bonté de me communiquer.

Les anciens connaissaient la vertu attractive de l'ambre, qu'ils nommaient *Electron*, d'où est dérivé le terme d'*Electricité ;* mais ils n'allèrent pas plus loin ; et pendant plusieurs siècles on ne fit aucun progrès dans cette partie de la physique : Ce ne fut qu'à la fin du siècle passé qu'on commença à la cultiver.

On découvrit alors que l'ambre n'était pas le seul corps *électrique*, c'est-à-dire qui fut doué de la vertu d'attirer les corps légers. On imagina de faire tourner des globes de soufre au lieu des pièces d'ambre qu'on tenait à la main : on trouva aussi, qu'un corps une fois attiré par un corps électrisé, en était ensuite repoussé : enfin les étin-

(1) L'ouvrage dont nous voulons parler ici a pour titre : *Précis d'électricité ou Extrait Expérimental et Théorétique des phénomènes électriques*, par l'abbé JACQUET, publié à Vienne, chez Jean Thomas de Trattnern, en 1775.

celles électriques n'échappèrent pas à la vue des physiciens de ce temps là. Quelque temps après, Newton remarqua, qu'une glace dont on a frotté une surface, attire les corps légers par l'une et l'autre de ses surfaces : mais la grande vertu électrique du verre ne fut bien connue que par *Hawksbee* qui écrivait en 1709.

Après la mort de ce physicien, on ne fit pendant l'espace d'environ 20 ans, aucune découverte de quelque conséquence, et la science de l'électricité parut languir pendant tout ce temps là : mais en 1728, M. *Grey* fit revivre en Angleterre cette branche de la physique.

On lui doit entre autres découvertes, celle du pouvoir des pointes. M. *de Fay*, vers le même temps, cultivait en France cette science avec succès et l'enrichit de plusieurs belles expériences. Enfin vers l'année 1742, les physiciens d'Allemagne, d'Angleterre, de France et de Hollande, comme de concert, reprirent avec beaucoup de zèle l'étude de l'électricité, et firent de grands progrès dans l'espace de quatre ans, c'est-à-dire, jusqu'en 1746.

La découverte qui se fit alors de la *Bouteille de Leyde*, la plus surprenante qui ait été faite en matière d'électricité, rendra cette année, fameuse à jamais, dans l'histoire de cette branche de la physique.

On doit cette découverte à M. *Cuneus*, citoyen de Leyde, MM. *Muschenbroeck*, *Watson*, *Wilson*, le *Monier* et l'abbé *Nollet* travaillèrent ensuite avec beaucoup d'application, pour expliquer les phénomènes de cette bouteille, et pour approfondir un sujet aussi intéressant que l'était devenue l'électricité par l'expérience de Leyde.

Vers le même temps l'*electricité médicale* prit naissance en Italie, où il parut peu après, une foule de relations circonstanciées des grands effets, que l'électricité avaient produits dans la guérison de diverses maladies. MM. *Pivati*, à Venise, *Verati*, à Bologne et *Bianchi*, à Turin, firent beaucoup valoir cette nouvelle branche de l'électricité.

La méthode de ces Messieurs, consistait à faire opérer les remèdes par le moyen de l'électricité, sans que les malades fussent obligés de les prendre par la bouche. Les uns voulaient qu'on renfermât les drogues dans le globe de verre que l'on frotte : d'autres les plaçaient dans la main de la personne qu'on électrisait ; d'autres enfin, trouvaient qu'il valait mieux les faire entrer dans la *Bouteille de Leyde*, en les mêlant avec l'eau de cette bouteille. L'enthousiasme pour l'électricité médicale passa ensuite aux autres pays : mais lorsque ces nouvelles et singulières méthodes de guérir les maladies eurent été tentées et examinées avec plus de soin, tant en France qu'en Angleterre, elles perdirent tout leur crédit ; parce qu'elles ne produisirent point les merveilleux effets qu'on avait tant vantés.

Le docteur *Bianchini*, professeur de médecine à Venise, écrivit même contre les trois méthodes proposées, et convainquit pleinement tous les savants de l'Europe de la futilité de ces méthodes, par l'évidence des faits et des raisons qu'il allégua.

Mais ce serait précipiter son jugement si l'on en concluait, que l'électricité ne peut nous être d'aucun secours dans les maladies ; car il est certain, qu'il y en a plusieurs auxquelles son activité peut s'appliquer avec succès. Mille faits bien avérés prouvent que l'électricité a opéré les plus belles cures, lorsqu'il s'agissait de paralysies partielles, d'engorgements d'humeurs, de douleurs sciatiques, de rhumatismes simples ou gouteux, de contractions ou raideurs de nerfs, d'obstructions, de maux de dents violents, enfin lorsqu'il était question d'amener la suppuration, ou de dissiper sans suppuration des tumeurs opiniâtres : on a même vu réussir l'électrisation sur des sourds, des aveugles et dans diffétentes sortes de fièvres intermittentes. MM. *Jallabert*, à Genève, *Sauvage* et l'abbé *Nollet*, en France, *Witson* et *Wilson*, en Angleterre, *Franklin*, en Pensylvanie, *Zetzel*, à Upsal, *Velse*, à la Haye, et surtout *de Haen*, à Vienne, se sont particulièrement distingués par une heureuse application de l'électricité dans ces maladies.

On aurait cependant tort de croire, que l'électrisation est toujours un remède sûr et efficace dans ces sortes de maux : mille exemples ont prouvé le contraire : Ainsi il paraît qu'il en est de l'électricité médicale, comme de tous les autres remèdes, qui n'opèrent heureusement, que lorsque la maladie se trouve dans un certain degré et dans les circonstances analogues et relatives à leur vertu salutaire.

Les progrès que l'électricité faisait vers le même temps dans ses autres branches, ne furent pas moins considérables. Le nombre des phénomènes électriques s'accrut si fort de jour en jour, qu'on se crut enfin assez avancé dans l'électricité, pour

en donner les principes et une théorie qui l'élevât au rang des sciences.

M. l'abbé *Nollet* se mit le premier sur les rangs, en nous donnant son système d'*affluence* et d'*effluence*. Cet habile physicien avait beaucoup contribué par ses recherches, aux progrès que l'électricité avait déjà faits dans ce temps-là : ainsi, il est incontestable qu'on lui est infiniment redevable à cet égard.

Quant à son système, on ne lui a pas les mêmes obligations. On adopta cependant presque partout ses principes ; parce qu'on était persuadé que sa théorie allait expliquer tous les phénomènes de l'électricité. On se trompait : son système est tout à fait insuffisant pour développer et concilier une foule de phénomènes.

C'était à M. *Franklin* qu'était réservée la gloire de nous présenter des principes solides, féconds, et capables de nous guider sûrement dans la recherche des causes des différents phénomènes électriques.

Les expériences et les découvertes que fit cet habile physicien à Philadelphie en 1750, lui frayèrent le chemin au système lumineux qu'il nous a donné sur ce sujet. L'accueil favorable que toute l'Europe savante a fait à la théorie de cet illustre américain, en fait assez l'éloge.

Les physiciens français mêmes, si prévenus autrefois en faveur du système de M. l'abbé *Nollet*, sont aujourd'hui les admirateurs de la théorie de M. *Franklin*, et avouent que ses principes sont en électricité, ce que sont ceux de *Newton* dans d'autres branches de la physique.

La théorie de l'électricité *positive* et *négative*, et l'analyse de la *Bouteille de Leyde* firent les objets des premiers écrits de M. *Franklin* : mais la plus belle et en même temps, la plus utile découverte pour le genre humain, que ce savant ait faite, c'est celle de la ressemblance parfaite qu'il y a entre le tonnerre, ou plutôt la foudre, et l'électricité.

Ce fut après avoir fait cette découverte, qu'il nous apprit la manière de nous garantir de ce redoutable météore.

Les physiciens de l'Europe, éclairés et excités par les belles découvertes qui s'étaient faites en Amérique, s'empressèrent alors de reprendre avec un nouveau zèle l'étude de l'électricité : leurs recherches furent heureuses, et tournèrent encore à la gloire de M. *Franklin;* puisque toutes les expériences qu'ils imaginèrent, et les nouveaux phénomènes qu'ils découvrirent, se trouvèrent toujours d'accord avec ses principes.

On doit mettre au nombre de ceux qui se distinguèrent le plus dans cette vaste carrtère, le P. *Beccaria*, MM. *Canton*, *Wilson*, *Wilke*, *Laval*, *Saussure*, *Æpinus*, *Priestley*, etc., mais il faut mettre à la tête de tous ces illustres physiciens, M. l'abbé *Nollet*, qui même en combattant jusqu'à sa mort, la théorie de M. *Franklin*, n'a pas peu contribué à étendre les connaissances électriques : enfin M. *Franklin* lui-même nous a encore donné depuis, un grand nombre de belles expériences, y a joint des observations si lumineuses, qu'on peut regarder aujourd'hui l'électricité comme une des plus brillantes et des plus intéressantes parties de la physique expérimentale.

(A suivre)

NÉCROLOGIE

Mme la comtesse Du Moncel

Nous apprenions dernièrement, et nous tenons à communiquer aux lecteurs de *La Lumière Électrique*, la nouvelle de la mort de Mme la comtesse Du Moncel, la veuve de notre ancien et regretté Directeur scientifique.

Sans doute, Mme Du Moncel n'a pas joué auprès de son mari le rôle que jouait, dit-on, la femme d'un astronome, et mathématicien de grande valeur, disparu dernièrement; cependant, nous savons que son action, pour en être moins personnelle peut-être, a été pourtant d'une certaine importance dans l'œuvre de son mari.

Dans les grands travaux, d'un caractère plus spécialement bibliographique, qui ont rempli la fin de la carrière scientifique du comte Du Moncel, l'assistance constante et dévouée de celle qui avait été Mlle de Montalivet ; en particulier sa connaissance parfaite des langues étrangères, ont contribué, pour leur part, à la création de cette œuvre volumineuse, qui constitue la première base de la bibliothèque de *l'électricien* français.

La Rédaction

CORRESPONDANCE

Monsieur le Directeur,

Nous avons lu avec intérêt les articles de M. R.-V. Picou sur la *Théorie graphique des machines dynamos à courants continus;* mais il nous paraît que le choix, comme exemple, de la machine *Phœnix*, est assez malheureux; cette machine a, en effet, subi des perfectionnements considérables dans le courant de l'année dernière.

Entre autres améliorations, nous pouvons citer l'augmentation de l'intensité de son champ magnétique; actuellement, l'induction dans les noyaux de l'armature serait de 17 440 C. G. S. par centimètre carré.

Il y a toujours, comme l'on sait, entre les électros et l'armature, une partie des lignes de force qui sont inutiles, c'est-à-dire que toutes les lignes de force qui traversent les électros ne traversent pas le noyau de l'armature.

Dans nos dernières machines, et en ne tenant pas compte de ces lignes perdues, l'induction utile serait de 10 000 C. G. S par centimètre carré dans les noyaux des électros.

Nous vous enverrons, du reste, prochainement une description de notre dernier type de machine.

En ce qui concerne l'ensemble des articles de M. Picou, nous ne croyons pas qu'il soit possible, par un enroulement Compound des électros, d'obtenir une machine qui fournisse un courant constant, lorsque la résistance varie entre des limites étendues.

Nous ne pensons pas, par exemple, que l'on ait construit une machine qui fournirait — à vitesse constante — un courant constant de 10 ampères, avec des résistances variant de 25 à 50 ohms.

Veuillez agréer, etc.

PATERSON ET COOPER

Monsieur le Directeur,

Je n'ai que peu de chose à répondre à la lettre ci-dessus de MM. Paterson et Cooper.

Mon travail n'était nullement un travail critique, ainsi que j'ai pris soin de le faire remarquer. Je n'ai donc aucunement critiqué le type Phœnix.

Je suis heureux d'apprendre qu'il a subi des perfectionnements importants; mais je dois signaler qu'il est impossible d'en juger d'après l'induction dans les noyaux de l'armature ou des inducteurs.

On peut avoir des raisons spéciales pour saturer plus ou moins le métal magnétique, soit des électros, soit de l'armature; mais on peut certainement faire de bonnes machines avec des chiffres différents. En voici deux exemples :

1° *Machine Gramme, type supérieur, de 110 volts et 40 ampères :*

Induction dans le fil de fer de l'armature, environ 21 800 C. G. S. par centimètre carré;

Induction dans la fonte, dans une section faite aux électros, environ 4030 seulement (minimum).

2° *Machine Edison française de même puissance :*

Induction dans les tôles de l'armature, environ 5050 C. G. S par centimètre carré;

Induction dans le fer, dans une section faite aux électros, environ 5090 C. G. S. (minimum).

Ce n'est pas ici le moment de développer les raisons qui peuvent motiver le choix de tel ou tel système de valeurs; cela nécessiterait un long article.

Du reste, ce qui importe à connaître, ce qui permet de réduire la résistance intérieure de la machine à force électromotrice égale, c'est la valeur du champ magnétique dans l'entrefer, là même où se déplacent les fils induits. Ce champ est de 1900 C. G. S. dans la machine Gramme et 2400 dans la machine Edison précitées. MM. Paterson et Cooper ne nous font pas connaître ce chiffre pour leur machine perfectionnée.

Enfin, en ce qui concerne les dynamos Compound à courant constant, je partage l'avis de ces Messieurs. Mes procédés graphiques ont précisément pour but d'indiquer très rapidement entre quelles limites on peut fonctionner. J'ai moi-même dû refuser, dernièrement, de me charger de la construction d'une machine devant donner 30 ampères sur des résistances variant de 8,5 à 17 ohms. La solution n'aurait pu être obtenue que dans des conditions déplorables d'utilisation de matériel et, par suite, de prix d'installation.

J'espère que lorsque MM. Paterson et Cooper enverront la description promise de leurs nouveaux types, ils ne négligeront pas d'en donner toutes les dimensions magnétiques et électriques, ainsi qu'il arrive trop souvent, afin qu'on puisse apprécier comme ils le méritent les perfectionnements qu'ils ont su leur apporter.

Veuillez agréer, etc.

R.-V. PICOU

FAITS DIVERS

Nous apprenons que M. le Dr Zetzsche vient de quitter la rédaction de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*. Dans son numéro de décembre 1886, cette revue apprécie, dans les meilleurs termes, les services que lui a rendus ce savant

électricien, en lui exprimant ses remerciements et l'espoir de retrouver plus tard sa précieuse collaboration.

Le procès engagé entre les propriétaires des brevets français Gaulard et Gibbs et MM. Zipernowsky, Déri et Blathy, après avoir été jugé une première fois à Tours en faveur des premiers inventeurs, vient d'être porté devant la Cour d'appel d'Orléans.

Celle-ci, nous écrit-on, a condamné MM. Zipernowsky, Déri et Blathy à déposer à la Caisse des consignations, dans le délai de quinze jours à dater du jugement, la somme de 30,000 francs, indépendamment du versement fait à Tours, et à payer les dépens qui seront pris sur le premier dépôt de la somme de 30,000 francs.

En outre, la *Compagnie internationale d'Eclairage électrique*, propriétaire des brevets Gaulard et Gibbs, est autorisée par le tribunal à demander à MM. Zipernowsky, Déri et Blathy toute somme qui semblerait nécessaire pendant le cours de la procédure qui va suivre.

Les fils électriques passant sur le pont suspendu entre Brooklyn et New-York sont au nombre de 293, y compris le câble de la Compagnie Mackuay-Bennett. La *Metropolitan Telegraph and Telephone C°* possède à elle seule 196 de ces fils et paye à l'administration du pont une somme de 29,400 francs par an de ce chef. La *Commercial C°* paye 1,250 francs pour son câble. La Compagnie *Baltimore and Ohio* a 38 fils, la *Western-Uuion* 20 et le Télégraphe de Law 14, le reste appartient à des particuliers; mais chaque fil rapporte 150 francs par an à l'administration, qui reçoit ainsi près de 45,050 francs par an. D'un autre côté, les entreprises télégraphiques et téléphoniques y trouvent également un bénéfice, car les anciens câbles qui reliaient New-York à Brooklyn coûtaient fort cher comme pose et comme entretien.

Un incendie dans l'usine centrale de lumière électrique du *Rhode Island Electric C°*, à Providence, aux États-Unis, a occasionné des dégâts considérables et a coûté la vie à l'ingénieur et au chaufleur. Il a fallu supprimer 250 foyers à arc, dont 88 servaient à l'éclairage des rues, et 700 lampes à incandescence alimentés par la station.

La ville de « los Angelos », en Californie, a été la première à adopter l'éclairage électrique pour ses rues, en supprimant l'éclairage au gaz. La ville vient maintenant de faire construire le premier chemin de fer électrique en Californie d'après le système Daft.

Nous lisons dans l'*Industrie moderne* de Bruxelles : Des doutes existaient sur la question de savoir si des brevets pouvaient être délivrés au Japon, et surtout si les étrangers pouvaient y faire protéger leurs inventions. Il résulte d'informations certaines que nous avons pu nous procurer, qu'en ce moment et dans aucun cas un étranger ne peut obtenir un brevet d'invention au Japon.

Éclairage Électrique

Voici quelques détails sur l'installation électrique que la Société Edison est en train de monter à l'Opéra. Elle comprend 4 dynamos de 1,000 lampes, actionnées chacune par une machine à vapeur Weyher et Richemond de 140 chevaux, au moyen d'une seule transmission par courroie Scellos. Les dynamos marchent à 300 tours, et donnent 800 ampères. Elles sont construites sur un modèle nouveau, imaginé par les ingénieurs de la Société, et comprennent chacune 4 électro-aimants verticaux, placés 2 au-dessus et 2 au-dessous de l'armature. La vapeur est fournie par 5 chaudières Belleville, dont 2 nouvelles et 3 précédemment installées.

Les anciennes machines à vapeur Corliss sont conservées; elles actionnent un arbre général de transmission sur lequel sont établies les transmissions de 5 dynamos de 500 lampes chaque. L'installation renferme en outre la machine de secours Armington et Sims et une autre machine, placée dans un local particulier, qui sert le soir à l'éclairage du Cercle militaire; dans la journée, elle est employée à la charge de la batterie d'accumulateurs qui dessert les lampes de secours. On dispose donc, sans compter ces deux dernières machines, d'une force motrice pouvant alimenter 6,500 lampes à incandescence de 16 bougies type A.

Parmi les principales modifications à l'installation primitive, nous devons signaler les deux tableaux de distribution, l'un pour les dynamos et l'autre pour les circuits, qui ont été faits à nouveau, de façon à permettre de grouper à volonté et de toutes les manières possibles les dynamos et les circuits. Les câbles qui vont des machines au tableau sont établis sous le sol; ceux des circuits sont fixés sous le sol et le long des murs, de telle sorte qu'il ne peut y avoir aucun accident.

Les régulateurs des champs magnétiques sont aussi modifiés; le commutateur circulaire à manette, employé jusqu'à cette époque, est remplacé par un levier, mobile autour de son axe dans un plan vertical, et dont l'extrémité inférieure glisse sur des touches correspondant aux différentes résistances. Grâce à cette disposition, les appareils tiennent moins de place et la manœuvre est plus facile. En outre, les leviers sont fixés sur un même arbre dont le déplacement fait varier simultanément l'intensité des champs de toutes les dynamos ; on peut ainsi obtenir par un seul mouvement les effets d'éclairage ou d'obscu-

rité nécessaires pendant les représentations. Des appareils analogues sont disposés sous la rampe où ils remplacent l'ancien jeu d'orgues du gaz.

L'installation de la lumière électrique aux magasins du Bon-Marché n'est pas encore complètement terminée; les dynamos qui avaient été choisies par l'ingénieur chargé de l'installation, ont mal fonctionné, paraît-il, et il a fallu, au bout de quelques semaines, les remplacer par des machines Edison. Cette modification se fait actuellement.

La municipalité de Temesvar, où l'éclairage électrique fonctionne déjà depuis le 30 novembre 1884, a décidé d'appliquer l'électricité à la traction des tramways de la ville au moyen de moteurs électriques. Les voitures porteront des accumulateurs chargés par l'usine centrale de la lumière électrique pendant la journée.

Mardi 25 janvier dernier, il a été procédé, à l'hôtel de ville de Liège, au dépouillement des soumissions pour l'entreprise de l'éclairage électrique de la place Saint-Lambert, au moyen de 6 foyers d'une puissance de 1,200 bougies chaque.

Trois soumissions avaient été déposées par :

La Société anonyme des Forges de Gilly, offrant d'entreprendre les travaux d'installation pour le prix de 17,480 francs et d'effectuer l'entretien pour 34 centimes par heure-lampe.

M. J. Jaspard, de Liège, demandant respectivement, pour l'installation : 17,900 fr., 16,850 fr. et 15,650 fr., suivant l'adoption d'un des trois genres de mâts proposés, et pour l'entretien, 4 fr. pour quatre heures d'éclairage.

La Société anonyme Électricité et Hydraulique de Charleroi demande pour l'installation : 16,471 fr. pour le mât A, 17,371 fr. pour le mât B, et 7,74 fr. par jour d'éclairage.

La commune de Berchem, près d'Anvers, vient d'adopter lumière électrique pour l'éclairage du village de ce nom et de la gare du chemin de fer.

Le nouvel hôpital de Watermael, en Belgique, va sous peu être muni d'une installation de lumière électrique à incandescence comprenant environ 350 lampes. alimentées par des machines à gaz.

La *Sociedad Espanola de Electricidad* a été chargée par le Gouvernement espagnol d'installer la lumière électrique à bord de plusieurs cuirassés et autres navires de la marine, parmi lesquels se trouvent la *Numancia* et le *Pilar*.

Il vient de se former à Londres une nouvelle Société d'éclairage électrique sous le nom de *Saint-James Electric Light C°*, au capital de 1,250,000 francs, représenté par 10,000 actions de 125 francs chacune. La nouvelle Compagnie se propose de fournir la force et la lumière électrique aux autorités locales ainsi qu'aux principaux cercles, théâtres et bâtiments publics ou privés, dans la paroisse de Saint-James, à Londres. Elle se charge également d'installations isolées de lumière électrique. Un prospectus annonce que les administrateurs ont traité, moyennant 1,125,000 francs, pour la construction et l'installation d'une station centrale dont les machines pourront alimenter 5,000 foyers, ainsi que pour la pose d'un réseau de fils aériens comprenant tous les bâtiments de la paroisse de Saint-James.

Toutes les dispositions pour l'éclairage électrique de l'Exposition de Manchester sont maintenant prises. Les principaux bâtiments et le Jardin botanique seront éclairés au moyen de 353 foyers à arc de 2,000 bougies, tandis que le département des machines en aura 193. La section des Beaux-Arts contiendra 1,650 lampes Edison de 16 bougies, munies de réflecteurs en porcelaine. Le restaurant sera éclairé avec 750 lampes Edison, et les bâtiments du *vieux Manchester* en auront 600. Le nombre total des lampes à incandescence dépassera 3,000.

Depuis le commencement de l'année, l'Institut de Franklin, à Philadelphie, est éclairé à la lumière électrique. Le changement de température dans la salle de l'école de dessin, qui était autrefois éclairée par 139 becs de gaz, a été si considérable, qu'il a fallu renvoyer les élèves à cause du froid.

La meilleure des 68 installations centrales de lumière Edison, aux États-Unis, existe, paraît-il, à Boston et appartient à la *Edison Illuminating C°* de cette ville. Cette entreprise paye, depuis quelque temps, un dividende de 1 o/o par mois à ses actionnaires.

Télégraphie et Téléphonie

Un journal politique annonce que le câble posé entre

Marseille et Alger, en 1871, est interrompu depuis la fin du mois.

La Compagnie française du télégraphe de Paris à New-York annonce, dans le *Figaro* du 5 février, que la communication télégraphique sur son câble n'est nullement interrompue par suite de l'accident survenu dans les eaux de Saint-Pierre.

On télégraphie de New-York à la date du 28 janvier, que le câble français s'est rompu entre Saint-Pierre et Brest.

La Chambre de commerce de New-York vient d'adresser aux délégués français à l'inauguration de la statue de la Liberté, une pétition les priant d'intercéder auprès des pouvoirs publics en France en faveur de la prompte exécution du câble direct qui doit relier la France aux Antilles.

Les Chambres de commerce de Marseille, du Hâvre et de Bordeaux viennent également d'adresser à l'administration de nouvelles instances pour la prompte exécution de ce câble. L'économie qui en résultera sera considérable. Les dépêches, qui coûtent actuellement 15 francs par mot entre la France et la Martinique, coûteront seulement 8 francs; pour la communication entre la France et la Guadeloupe, le prix sera baissé de 14 francs à 7,50 fr.

Une nouvelle ligne télégraphique en bronze phosphoreux est actuellement en construction entre Barcelone et la frontière française, à Port-Bou. Le travail est fait par l'administration des télégraphes espagnols et la ligne est placée sur des poteaux existant et portant déjà des fils de fer.

La municipalité de Barcelone a envoyé une pétition au Gouvernement espagnol, demandant la construction d'un nouvel hôtel des Postes et Télégraphes.

Dans la séance du 2 février de la Chambre des députés, à Rome, les ministres ont annoncé le prochain établissement d'un câble sous-marin reliant Massouah au câble d'Aden-Suez.

La question de la reprise des lignes télégraphiques au Canada par le Gouvernement est de nouveau agitée, par suite des difficultés existantes entre la *Great Northwestern Telegraph C°* et la *Montreal Telegraph C°*. Le Gouvernement ne possède actuellement que 2,144 milles de lignes dont l'exploitation a entraîné, pour l'année 1885, une dépense de 354,885 francs, outre 222,095 francs de recettes, laissant une perte de 132,790 francs. D'après les dernières statistiques publiées, les Compagnies possèdent 24,100 milles de lignes au Canada, avec 2,415 bureaux; mais, depuis cette publication, le *Canadian Pacific Railway C°* a fait construire plusieurs milliers de milles de lignes. A la fin de l'année 1867, la longueur totale des lignes télégraphiques n'atteignait que 7,227 milles, avec 497 bureaux ou 1 bureau par 7,042 habitants, tandis qu'il y en a aujourd'hui 1 par 1,944 habitants.

Le *Journal Télégraphique* de Berne publie le texte suivant des nouveaux bureaux télégraphiques qui ont été ouverts en Chine ces derniers temps :

Localités	Provinces	Taxe par mot à partir de Shanghaï fr.	c.
Changchow	Fuhkien	1	60
Changli	Chihli	1	60
Chinchowfoo	Shengking	1	70
Chinchai	Chêkhiang	1	10
Haikow (Hainan)	Kwantung	2	50
Hangchow	Chêhkiang	1	10
Hecto (Hre to)	Chihli	1	60
Hsiakwan (Shiakwan)	Nganwhei	1	10
Kashing (Kaking)	Chêhkiang	1	10
Kiangying	Kiangsu	1	»
Kinchow	Shengking	1	80
Lanchow (Lauchow)	Kwantung	2	50
Lienchow	Kwantung	2	40
Lutai	Chihli	1	50
Nanzing (Nanching)	Chêhkiang	1	10
Onking (Nganking)	Nganwhei	1	20
Pauting (Pastingfoo)	Chihli	1	60
Peitang	Chihli	1	50
Pieunum (Biennum, Fungwhangting)	Shengking	1	60
Pingchang	Kwangsi	2	30
Port Arthur	Shengking	1	80
Shanhaichan (Shanhaikwan)	Chihli	1	60
Sharshe		1	50
Shengking (Chengking)	Shengking	1	60
Taierhchang (Taierhchuang)	Kiangsu	1	30
Tatung	Nganwhei	1	20
Tsiuenchow (Chuenchow)	Fuhkien	1	60
Whengchow)	Kwangsi	2	10
Wushi (Woosih)	Kwangsi	1	»
Woosung	Kwangsi	0	50
Woosung Fort	Kwangsi	0	50
Yangchow	Kwangsi	1	20

Yenping	Fuhkien	1 40
Yinkiahwei (Yinchiawei)	Nganwhei	1 20
Yungping	Chihli	1 60
Zingchow (Chinchow)	Kwangsi	2 40

Les lignes télégraphiques de l'État suédois ont une longueur de 21,363 kilomètres sur poteaux, avec 8,509 kilomètres de câbles. Le nombre des bureaux publics est de 912 et les dépêches transmises en 1886 atteignaient 1,166,634.

Une expérience téléphonique a eu lieu, vendredi 4 de ce mois, au Palais-Bourbon. On a mis la Chambre des députés en communication directe avec celle de Bruxelles, pour permettre aux législateurs des deux pays de se rendre compte du fonctionnement de la nouvelle ligne de Paris à Bruxelles; nous plaignons *l'autre* disait à ce sujet, un chroniqueur *bien pensant*.

Le *Journal officiel* du 3 février publie les décrets et arrêté suivants :

Le Président de la République française,

Sur la proposition du Ministre des affaires étrangères,

Décrète :

Art. 1er. — Une convention pour l'établissement d'un service de correspondance téléphonique entre Paris et Bruxelles ayant été signée, le 1er décembre 1886, entre la France et la Belgique, ladite convention, dont la teneur suit, est approuvée et recevra sa pleine et entière exécution.

Convention

Le Président de la République française et Sa Majesté le roi des Belges, désirant établir un service de correspondance téléphonique entre Paris et Bruxelles, et usant de la faculté qui leur est accordée par l'art. 17 de la convention télégraphique internationale signée, le 22 juillet 1875, à Saint-Pétersbourg, on résolu de conclure une convention spéciale à cet effet et ont nommé pour leurs plénipotentiaires, savoir :

Le Président de la République française, M. Granet, chevalier de l'ordre de la Légion d'honneur, etc., etc., membre de la Chambre des députés, ministre des postes et des télégraphes, et M. Bourée, officier de la Légion d'honneur, etc., etc., envoyé extraordinaire et ministre plénipotentiaire de la République française près Sa Majesté le roi des Belges;

Et Sa Majesté le roi des Belges, M. le prince de Chimay, officier de son ordre de Léopold, chevalier de l'ordre de la Légion d'honneur, etc., etc., membre de la Chambre des représentants, son ministre des affaires étrangères, et M. Jules Vandenpeereboom, chevalier de son ordre de Léopold, etc., etc., membre de la Chambre des représentants, son ministre des chemins de fer, postes et télégraphes;

Lesquels, après s'être communiqué leurs pleins pouvoirs, trouvés en bonne et due forme, sont convenus des dispositions suivantes :

Art. 1er. — Un service de correspondance téléphonique sera établi et exploité, entre Paris et Bruxelles, par les par les administrations des postes et télégraphes des deux pays.

Art. 2. — Il sera fait usage à cette fin de fils de cuivre ou de bronze, de haute conductibilité, ayant au moins 3 millimètres de diamètre, et disposés de façon à éviter, dans la plus large mesure possible, les effets d'induction.

Chacune des deux administrations fera exécuter, sur son propre territoire, les travaux de pose des fils et en assurera l'entretien, le tout à ses frais.

Art. 3. — Les administrations resteront libres, soit d'affecter à la téléphonie seule les circuits stipulés à l'art. 2, soit d'employer ces circuits simultanément au service télégraphique et téléphonique sur la totalité ou sur une partie de leur parcours. Toutefois, si l'expérience démontrait que l'usage télégraphique des fils nuit au fonctionnement régulier du service téléphonique, ces conducteurs seraient exclusivement séservés à ce service.

Art. 4. — A Paris et à Bruxelles, les circuits téléphoniques aboutiront à un bureau central.

Il sera établi des cabines sourdes où le public sera admis à correspondre.

Les deux administrations prendront, en outre, dans la mesure du possible, les dispositions nécessaires pour que les établissements privés, et notamment les postes des abonnés des réseaux de Paris et de Bruxelles, soient mis à même de correspondre entre eux au moyen de la ligne internationale, par l'intermédiaire des bureaux centraux.

Art. 5. — L'exploitation de la téléphonie entre Paris et Bruxelles sera assurée par les agents des deux administrations, chacune sur son territoire, ou par d'autres agents agréés par elles.

Art. 6. — L'unité adoptée, tant pour la perception des taxes que pour la durée des communications, est la conversation de cinq minutes.

L'emploi du téléphone est réglé d'après l'ordre des demandes. Il ne peut être accordé, entre les mêmes correspondances, plus de deux conversations consécutives, de cinq minutes chacune, que lorsqu'il ne s'est produit aucune autre demande, avant ou pendant la durée de ces deux conversations.

Art. 7. — La taxe, par cinq minutes de conversation, est provisoirement fixée à trois francs. Les produits seront répartis entre la France et la Belgique dans la proportion déterminée pour le partage des taxes télégraphiques par l'arrangement conclu, entre les deux pays, à la date du 22 juin 1886.

La taxe est acquittée par la personne qui demande la communication.

Chaque administration tiendra compte des taxes et opérera le recouvrement suivant le mode qu'elle jugera convenable.

Art. 8. — Le service téléphonique Paris-Bruxelles sera ouvert au public d'une manière permanente, le jour et la nuit.

Art. 9. — Les deux administrations arrêteront de concert le règlement de service qui devra être appliqué.

Art. 10. — Chacune des deux parties contractantes se réserve le droit de suspendre totalement ou partiellement le serviee téléphonique, pour une raison d'ordre public, sans être tenue à aucune indemnité.

Art. 11. — Les deux administrations ne sont soumises à aucune responsabilité à raison du service de la correspondance par voie téléphonique.

Art. 12. — La présente convention sera mise à exécution à la date qui sera fixée de commun accord entre les deux administrations des deux pays; elle restera en vigueur pendant trois mois après la dénonciation, qui pourra toujours en être faite par l'une ou l'autre des parties contractantes.

En foi de quoi, les plénipotentiaires respectifs ont signé la présente convention, qu'ils ont revêtue de leur cachet.

Fait en double expédition, à Bruxelles, le 1er décembre 1886.

(*L. S.*) Signé : F. Granet
(*L. S.*) — Le prince de Chimay
(*L. S.*) — A. Bourée
(*L. S.*) — J. Vandempeereboom

Art. 2. — Le ministre des affaires étrangères est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 28 décembre 1886.

Jules Grévy

Par le Présidentt de la République :

Le ministre des affaires étrangères,

Flourens

Le Président de la République française,

Vu l'art. 2 de la loi du 21 mars 1878;

Vu la loi du 5 avril 1878;

Vu l'art. 17 de la convention télégraphinue internationale de Saint-Pétersbourg et l'art. 67 du règlement de service annexé à cette convention et revisé à Berlin :

Décrète :

Art. 1er. — La taxe à percevoir pour les communications téléphoniques échangées entre Paris et Bruxelles est fixée à trois francs par cinq minutes de conversation.

Art. 2. — Les produits de ces taxes seront répartis entre la France et la Belgique dans la proportion déterminée pour le partage des produits des taxes télégraphiquer, par l'arrangement conclu entre les deux pays à la date du 22 juin 1886.

Fait à Paris, le 22 décembre 1886.

Jules Grévy

Par le Président de la République :

Le ministre des postes et des télégraphes,

F. Granet

Le Ministre des postes et des télégraphes,

Vu le règlement du service arrêté, en exécution de l'art. 9 de la convention internationale, le 1er décembre 1886;

Vu l'art. 4 de ce règlement,

Arrête :

Art. 1er. — Les abonnés au réseau téléphonique de Paris, qui en feront la demande au Ministre, pourront être autorisés à communiquer avec Bruxelles à partir de leurs domiciles.

Art. 2. — Les modifications qu'il pourrait être nécessaire d'apporter aux postes téléphoniques de ces abonnés seront faites par les soins de la Société concessionnaire du réseau de Paris, aux frais des abonnés.

Art. 3. — La liste de ces abonnés sera tenue au Bureau de la Bourse et un compte sera ouvert à chacun d'eux.

Art. 4. — Chacun de ces abonnés devra verser une provision de soixante francs (60 fr.), représentant vingt communications de cinq minutes, sur laquelle sera prélevé le montant des taxes à percevoir pour les communications données avec Bruxelles.

Dès que ces prélèvements auront réduit la provision d'un abonné à 20 francs ou au-dessous, cet abonné sera invité à compléter sa provision normale de 60 francs.

Il est interdit aux agents des cabines d'accorder des communications aux abonnés dont la provision serait épuisée.

Art. 5. — Les conditions applicables à ces communications seront celles en vigueur pour les conversations échangées à partir de la cabine de la Bourse, c'est-à-dire que les cinq minutes de conversation commenceront à partir du moment où les deux correspondants sont mis en relation effective.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 19 FÉVRIER 1887 N° 8

SOMMAIRE. — Appareil de sûreté pour les installations d'éclairage électrique ; E. Zetszche. — Représentation graphique de l'équation du transport de l'énergie ; Ch. Reignier. — Sur la mesure de la force électromotrice de décomposition d'un électrolyte ; P.-H. Ledeboer. — Les jauges électriques ; E. Dieudonné. — Étude sur les machines dynamo-électriques, par MM. J. et E. Hopkinson. — Recherches sur l'électrolyse ; A. Minet. — Revue des travaux récents en électricité : Sur l'électrolyse des solutions alcalines, par M. Duter. — Sur la durée de l'étincelle d'ouverture d'une bobine d'induction, par C. Hünlich. — Recherches sur les décharges d'électricité statique, par K. Wesendonk. — Recherches expérimentales sur la lumière polarisée réfléchie par la surface équatoriale d'un aimant, par M. A. Righi. — Note sur l'effet des tensions sur la résistance électrique du carbone, par H. Tomlinson. — Indicateur de courant de Hartmann et Braun. — Sonnerie électrique trembleuse de Sledge et Slatter. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr H. Michaëlis. — Angleterre ; J. Munro. — Autriche ; J. Kareis. — États-Unis ; J. Wetzler. — Variétés. — Bibliographie : L'année électrique ; J. Bourdin. — Correspondance. — Faits divers.

APPAREIL DE SURETÉ

POUR LES INSTALLATIONS

D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Dans le numéro de janvier de la *Zeitschrift für Elektrotechnik*, M. Joseph Voget décrit un dispositif, au moyen duquel il obvie à l'inconvénient qu'il y aurait pour un local éclairé à la mière électrique, de se trouver plongé dans les ténèbres, par suite de l'extinction des lampes, provenant d'un dérangement survenu dans les conducteurs, ou d'un accident à la machine.

Ce dispositif est représenté par la figure 1 ; L_1 L_3 et L_2 L_4 sont les deux conducteurs principaux, auxquels aboutissent les alimentateurs, venant des deux bornes de la machine ; les lampes à incandescence destinées à l'éclairage de secours sont intercalées entre les conducteurs H_1 et H_2. Un commutateur placé en H_1 permet de couper ce circuit.

Le dispositif comprend, en outre, deux relais R et R_1 ; le relais R, dont l'électro *m* est intercalé en *i* dans le circuit de l'un des conducteurs principaux, a pour but d'introduire dans le circuit la batterie d'accumulateurs A, qui se chargent, tant que le fonctionnement de l'installation est régulier ; au contraire, dès qu'une interruption a lieu dans le circuit principal, ce relais introduit la batterie chargée dans le circuit des conducteurs H_1 H_2. Le levier portant l'armature de R consiste en deux parties isolées l'une de l'autre ; la partie principale ferme le circuit H_1 H_2 en reliant l'axe *p* et la vis de contact 5, lorsque le ressort antagoniste ramène le levier de l'armature.

Au contraire, quand le courant passe, l'armature attirée ferme, au moyen de sa partie antérieure, le circuit *e* A *g f*, entre les vis de contact *g*, de manière à mettre les accumulateurs en dérivation sur les conducteurs principaux.

Le relais R_1 a pour but de couper le conducteur L_1 L_3, dans lequel se trouve l'appareil de sûreté, dès que le courant est interrompu, et de le rétablir, au contraire, automatiquement, une fois l'accident réparé. Cette interruption a lieu par la rupture du contact en *v*, par suite de l'action du ressort, parce que l'électro-aimant m_1 ne pare à la rupture des conducteurs L_1 L_3 en *u*, par l'établissement du circuit auxiliaire *c q v* m_1 *d*, que tant qu'il est excité par le courant.

Le relais R_1 renferme encore un second électro m_2 qui est relié en dérivation sur les conducteurs principaux, en un point à l'amont de la

rupture u, et qui, lors du rétablissement du courant, attirera de nouveau le levier de l'armature de R_1, en rétablissant le contact entre l'axe q et le contact v.

Cette disposition de M. Voget me paraît, cependant, capable d'être perfectionnée, en en modifiant certaines parties. En premier lieu, le relais R

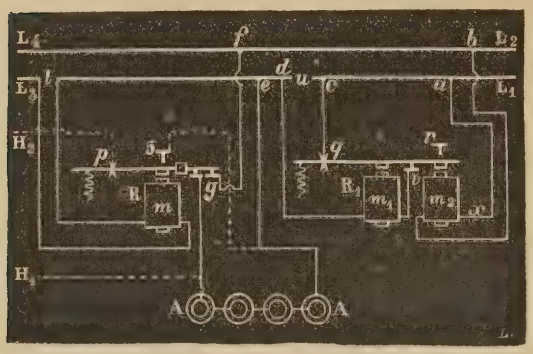


Fig. 1

peut être considérablement simplifié, en n'intercalant pas les interruptions en g, et celle entre la vis 5 et l'axe p dans divers circuits, mais en les réunissant sur un même fil.

Comme le montre la figure 2, on pourait relier l'un des pôles de la batterie A à l'axe p du levier

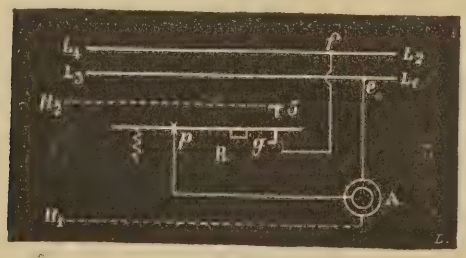


Fig. 2

d'armature, et H_2 avec le contact 5, tandis que la vis de contact g serait reliée en f au conducteur principal L_2 L_4. Le second pôle de la batterie A, devant être relié d'un côté avec le conducteur auxiliaire H_1, et en outre, en e au second conducteur principal L_1 L_3.

De plus, il y aurait lieu d'introduire dans la dérivation a m_2 b une résistance considérable, de manière qu'il ne passe pas un trop fort courant dans ce circuit, ce courant constituant une perte au point de vue de l'éclairage.

Ceci conduit naturellement à l'idée de ne fermer ce circuit qu'au moment seulement où il doit entrer en activité, soit au moment où, par suite de l'interruption du courant en m_1, l'armature est relâchée et repose sur la vis ou le butoir r.

On pourrait très facilement réaliser cette condition, en ne reliant pas l'extrémité x du fil de l'électro m_2 avec le point a (L_1 L_3), directement par un fil, mais, en la reliant à la vis r, et en s'arrangeant, comme il est facile de le faire, pour que, au moment où l'armature est attirée, le contact en r ne soit pas interrompu avant que le contact en v ne soit établi. En remarquant que la chûte de l'armature est causée par des interruptions de longue durée du courant, on pourrait même supprimer l'électro-aimant m_2, en faisant remplir son rôle par l'électro m_1, en reliant les deux vis v et r.

Enfin, l'interruption du circuit L_1 L_3 en u, qui doit servir à prévenir la décharge des accumulateurs à travers la machine dynamo, peut paraître superflue, puisqu'il y a déjà interruption du circuit dérivé de la branche L_2 L_4 en g.

Par suite, non seulement l'électro-aimant m_1 est inutile, mais, encore, on pourrait se passer de l'électro-aimant m_2.

Le relais R_1 serait donc entièrement supprimé, et le dispositif complet pourrait se condenser, de manière à ne comprendre que les organes indiqués par le schéma de la figure 2.

E. Zetzsche

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE L'ÉQUATION

DU

TRANSPORT DE L'ÉNERGIE

Commençons par trouver graphiquement les racines de l'équation du second degré par un procédé que je crois nouveau.

RÉSOLUTION GRAPHIQUE DE $x^2 + px + q = 0$.

Prenons deux axes rectangulaires Ox, Oy; sur l'axe des y, prenons une longueur O A que nous choisirons pour *unité;* du point A, avec un rayon égal à $\frac{p}{2}$ décrivons un petit arc qui coupe l'axe des x en B. La ligne A B nous représente alors la somme $(x_1 + x_2)$ des racines. Reste à définir sur cette ligne le point qui donne les grandeurs absolues de ces racines.

Portons pour cela, du point A sur A O et du côté de O, une longueur $AC = q$.

Décrivons une demi-circonférence sur A O comme diamètre (ligne qui a été prise pour unité).

Elevons une perpendiculaire C D sur A O, jusqu'à sa rencontre avec la circonférence précédemment décrite; il est aisé de reconnaître que A D représente graphiquement la valeur de $\sqrt{q}$; en effet :

$$\overline{AD}^2 = AC \times AO$$
$$AD^2 = q \times \text{unité}$$
$$AD = \sqrt{q}$$

Si, maintenant, nous décrivons de A comme centre une circonférence de rayon A D, que nous menions à cette circonférence sa tangente parallèle à la ligne A B, elle coupera la demi-circonférence décrite sur A B comme diamètre, en deux points qui, projetés sur A B en I, H, détermineront deux couples de lignes (A I. I B), (A H. H B) égaux, lesquels ne sont autre chose que les valeurs des racines (x_1, x_2), puisque leur somme est bien égale à $\frac{p}{2}$ et leur produit à $\overline{AD}^2$ ou à q.

Si cette parallèle à A B menée à la distance $\sqrt{q}$, ne rencontre la circonférence de diamètre A B qu'en un point, les racines deviennent égales à $\frac{AB}{2}$ — Si elle ne rencontre pas cette circonférence, c'est que les racines sont imaginaires. — Cette représentation graphique des racines permettra donc de suivre, sans calcul, les variations de q, qui donnent des racines réelles.

Donnons maintenant un accroissement α à la constante p, q demeurant du reste constant, les racines de l'équation varieront.

Pour les déterminer, il n'y aura qu'a répéter la construction précédente; c'est-à-dire qu'il faudra mener à la distance constante $(\sqrt{q})$ une parallèle à la transversale AB_1 correspondant à la nouvelle valeur $\frac{p+\alpha}{2}$.

On remarque facilement que la variation continue de $\frac{p}{2}$, fournira la variation continue des couples des racines de l'équation, et que les points I, H, traceront dans le plan une courbe continue qui permettra de déterminer directement les valeurs des racines de l'équation du second degré, où le coefficient p varie d'une valeur donnée à ∞.

Au lieu de considérer la variation de p et la constance de q, supposons l'inverse.

Le même procédé sera applicable, et on aura alors une série de points situés symétriquement par rapport au point milieu d'une même transversale. En réunissant tous les points qui sont déterminés, sur chaque transversale, telle que A B, pour une même valeur de q, on aura une série de courbes appartenant à la même famille [1] et qui

---

[1] Nous avons cherché l'équation de cette courbe en coordonnées rectangulaires rapportées aux axes C_1 A O pour l'axe des y et C_1 M pour les x.

Cette équation est dans toute sa généralité :

$$x^2(\alpha^2 - y^2) - y^4 + 2\alpha y^3 - k^2 y^2 + 2(k^2\alpha - \alpha^3)y + \alpha^4 - k^2\alpha^2 = 0$$

dans laquelle (x, y) sont les coordonnées, rapportées aux axes choisis;

k, est la racine carrée du terme q de l'équation du second degré;

α, la distance AC_1 ou $\frac{AO}{2}$.

Si, comme cas particulier, on pose $k = \alpha$, l'équation se réduit à,

$$x^2(\alpha + y) - y^2(\alpha - y) = 0$$

Cette dernière équation résolue par rapport à x, donne

$$x = \pm y\sqrt{\frac{\alpha - y}{\alpha + y}}$$

équation qui est celle d'une strophoïde.

La strophoïde est donc un cas particulier de la courbe précédente, et peut être considérée comme la génératrice de la famille.

Si $k < \alpha$, la courbe se réduit à deux branches distinctes.

Si $k > \alpha$ la courbe se traduit par une seule branche à point d'inflexion.

seront très aptes à représenter l'ensemble des solutions de l'équation du second degré dans le cas où ses coefficients varient.

APPLICATION A L'ÉQUATION DU TRANSPORT DE L'ÉNERGIE

La considération du principe de l'équivalence et du théorème de Joule a conduit à une équation du deuxième degré en e (force contre-électromotrice).

$$e^2 - E\,e + R\,W = 0 \quad (1) \qquad (1)$$

En appliquant le procédé graphique à cette équation, on pourra suivre facilement ce que devient e, avec les variations partielles ou simultanées de R, E, W.

L'équation (1) montre que, pour une valeur déterminée de E, la valeur des racines (e_1, e_2) est invariable, à la condition que le produit R W demeure constant.

Si les valeurs de la résistance totale et de l'énergie utile, varient comme les coordonnées d'une branche d'hyperbole équilatère rapportée à ses asymptotes, le terme ($\sqrt{R\,W}$) sera représenté par le demi-axe transverse A D de l'hyperbole.

La construction d'une hyperbole équilatère, par le procédé de la géométrie supérieure, déterminée par les coordonnées R, W, données, supprimera d'ailleurs la construction graphique de $\sqrt{R\,W}$, et la longueur AO pourra être choisie arbitrairement.

De plus, si on prend la longueur AO, égale à la plus petite valeur E_0 que peut atteindre la demi-force électromotrice de la génératrice, la variation des racines (e_1 e_2) avec E variable depuis E_0 jusqu'à ∞, se traduira par une *strophoïde* que l'on sait, d'ailleurs, construire très facilement (1).

Au moyen de ces deux courbes : l'hyperbole équilatère et la strophoïde, on verra immédiatement les valeurs des forces contre électromotrices, susceptibles d'être produites dans une réceptrice pour un potentiel générateur constant, une résistance totale, et une énergie utile donnés.

On déduit encore très simplement de ces courbes, *que le rendement électrique* $\frac{e}{E}$, *demeurant le même, ainsi que* E, *le travail utile varie en raison inverse de la résistance totale*, qui comprend les résistances dynamiques (1) des deux machines et la résistance du canal.

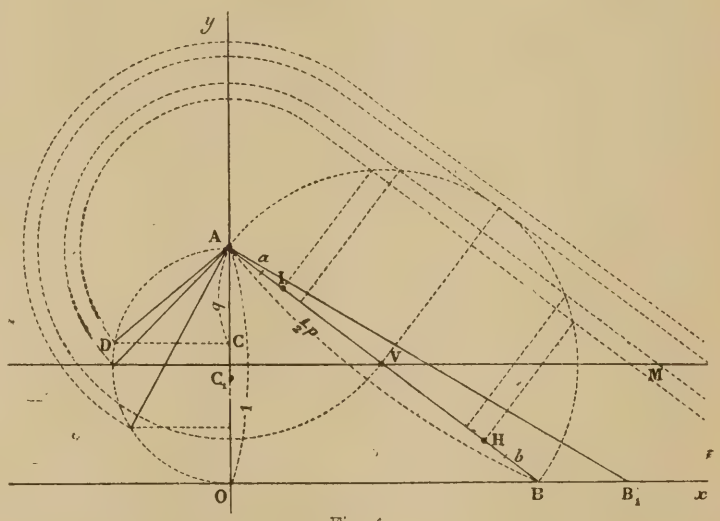


Fig. 1

REPRÉSENTATION DU RENDEMENT ÉLECTRIQUE $\frac{e}{E}$.

Pour le déterminer, il suffit de mener par les points I, H, deux parallèles à l'axe Ox jusqu'à leurs rencontres avec l'axe des y; dans le cas où A O est égal à l'unité, les distances A K et A S représenteront les rendements électriques à l'échelle double.

Si l'on suppose, en outre, que plusieurs courbes de la famille soient tracées, ces paral-

(1) Voir *La Lumière Electrique* (1, 8 et 15 janvier 1887, p. 115).

(1) On trace à cet effet, deux axes rectangulaires, à partir de l'origine, on porte de chaque côté, sur l'axe des y, une longueur égale à $\frac{E_0}{4}$ soient C A, C_1O (fig. 1). Par l'un des points on mène OB perpendiculaire à OC_1 et du point A, on trace une série de transversales, telle que AB — De V et de chaque côté de ce point, on porte Va = Vb = VC_1, les points a et b appartiennent à la strophoïde.

(1) Il s'agit ici des résistances apparentes que l'on constate dans les induits en mouvement. Cette résistance apparente est une fonction compliquée et inconnue de I et de V. Dans certaines machines dont l'écran magnétique

lèles détermineront les couples de valeurs [(R.W) et E] qui donnent le même rendement électrique.

REPRÉSENTATION DE L'INTENSITÉ

L'intensité a pour valeur algébrique :

$$I = \frac{W}{e}$$

si W est exprimé en wats ; dans le cas où il le serait en kilogrammètres par seconde, on a :

$$\frac{I}{g} = \frac{W}{e}$$

Le calcul graphique donne très simplement la valeur de I. Soient, à cet effet (fig. 2), A I, A H les valeurs des forces contre-électromotrices, AW la

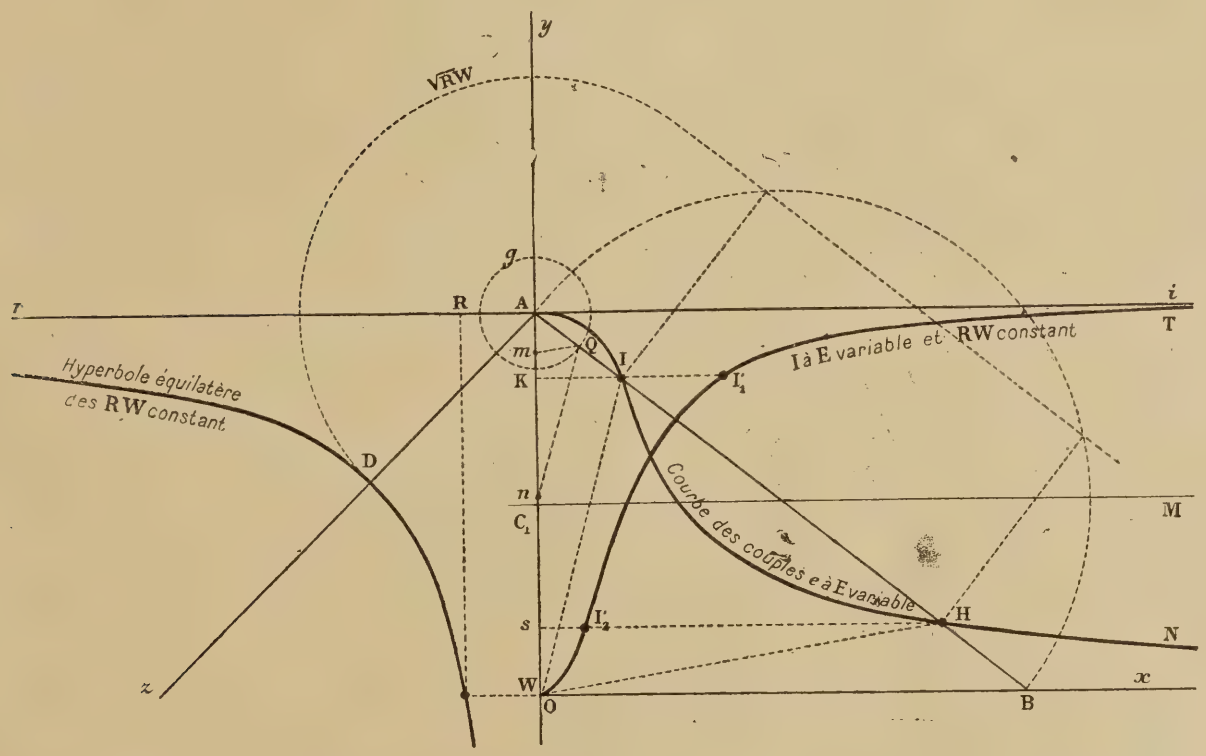


Fig. 2

valeur de l'énergie utile correspondant à la résistance totale A R. Les points I et H sont d'ailleurs ceux qu'a déterminé l'hyperbole équilatère tracée par ces valeurs particulières, A R et A W.

Portons de A sur A B, une longueur A Q = 9,81 (accélération de la pesanteur).

Si nous joignons les points I, H au point W, et que par Q nous menions deux parallèles à ces droites, jusqu'à leur rencontre avec O A, en *m*, *n*, on a :

$$\frac{AQ}{AI} = \frac{An}{AW}$$

ou

$$\frac{An}{g} = \frac{W}{e_1}$$

De même

$$\frac{Am}{g} = \frac{W}{e_2}$$

est annulaire, l'armature absorbe une force électromotrice $\int_0^1 R\,dI = 35^v$ à une vitesse V de 1100 tours et pour un débit I = 70 amp., tandis que la résistance statique, c'est-à-dire réelle, n'absorbe que 6 volts environ

Donc, les longueurs A n, A m, représentent les valeurs graphiques des intensités qui correspondent aux forces contre-électromotrices e_1, e_2

Pour obtenir une courbe continue de l'*intensite* à *E variable* et à *R W constant, en fonction de e,*

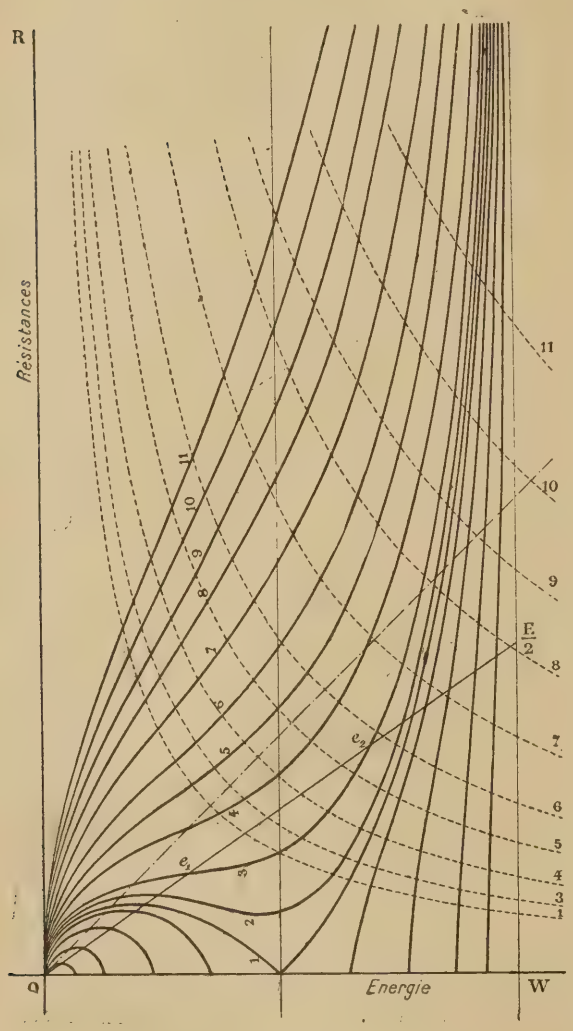


Fig. 3

on portera les valeurs graphiques des intensités sur les perpendiculaires abaissées des points I, H sur A O et à partir de cette ligne. On obtiendra ainsi une courbe O I_2' I_1' T, qui fournira avec la première A, I, H, N, les couples (I e) qui satisfont à (R × W) constant, et à E variable, (R et W étant toujours susceptibles de varier en raison inverse).

On a pu remarquer que cette représentation est assez simple. Si on trace une série de ces courbes en même temps que la série des hyperboles équilatères qui les déterminent, on embrassera, d'un seul coup d'œil, une très grande quantité de solutions et de conditions du transport de l'énergie (fig. 3).

En terminant, nous ferons remarquer qu'elles pourront s'appliquer à tous les problèmes du second degré.

D'ailleurs, dans la généralité des calculs industriels, les quantités p, q de l'équation du second degré, sont susceptibles de *varier entre certaines limites*; et non seulement le calcul numérique devient laborieux, mais encore est-il insuffisant à montrer la *variation des racines avec la variation partielle ou simultanée des coefficients* p, q. On comprend qu'il le sera *a fortiori* dans le cas où ces coefficients seraient des expressions composées de diverses quantités susceptibles elles-mêmes de varier.

Nous croyons donc que ce véritable tableau synoptique de toutes les valeurs possibles de l'équation du second degré, pourra supprimer une série de calculs numériques fastidieux.

Le cadre de cette publication ne nous permet pas de montrer une importante application de cette méthode à la détermination directe des poutres droites ou courbes, mais l'usage que nous venons d'en faire suffira, croyons-nous, pour en montrer la fécondité.

CH. REIGNIER

SUR LA MESURE

DE LA

FORCE ÉLECTROMOTRICE

DE

DÉCOMPOSITION D'UN ÉLECTROLYTE

On sait qu'il existe une relation remarquable entre la chaleur de formation d'une combinaison chimique, et la force électromotrice nécessaire à sa décomposition.

Cette loi peut s'exprimer par la formule [1]

$$E = \frac{g\,J}{q}\,C$$

[1] Voir *La Lumière électrique*, t. XVII, p. 116, 1885.

dans laquelle :

J est l'équivalent mécanique de la chaleur en kilogrammètres ;

$g = 9{,}81$ l'accélération de la pesanteur;

q le nombre de coulombs nécessaires pour dégager un gramme d'hydrogène (ce nombre est égal à 96.000 d'une manière approchée).

C la chaleur de combinaison en grandes calories, se rapportant à l'équivalent des corps combinés.

On trouve ainsi la relation

$$E = 0{,}0437\ C$$

D'autre part, M. Helmholtz a montré qu'il faut retrancher de la force électromotrice E, résultant de la combinatson chimique, le terme

$$T \frac{dE}{dt}$$

où $T = 273 + t$ représente la température absolue et $\frac{dE}{dt}$ ou $\frac{dE}{dT}$ la variation de la force électromotrice avec la température. Remarquons qu'il faut retrancher ce terme correctif $T \frac{dE}{dt}$ lorsque, comme cela arrive ordinairement, la force électromotrice diminue avec l'augmentation de température; dans le cas contraire, il faudrait l'ajouter.

Malgré certaines vérifications assez exactes, les lois précédentes ont été mises en doute. Un auteur allemand, M. Braun a été même jusqu'à prétendre que l'accord constaté dans certains cas est dû au hasard seul, et en effet, il a montré de nombreux cas d'exception à la règle précitée.

D'autre part, M. Czapski a montré que la théorie de M. Helmholtz se vérifie assez bien dans plusieurs cas, et notamment pour des piles réversibles et formées par deux métaux plongeant dans des sels de ces métaux.

M. Potier a également montré que dans le cas de la pile zinc, argent, l'accord entre la théorie et l'expérience est tout à fait satisfaisant.

Nous avons tenu à rappeler ces préliminaires pour bien préciser le point de départ d'une étude que nous avons entreprise en collaboration avec M. P. Philippon et dont nous nous proposons aujourd'hui d'exposer la méthode.

Cette étude n'a pas seulement pour objet de montrer si l'accord dont nous venons de parler existe réellement dans des cas nettement définissables, mais nous nous proposons de tirer de cette loi des conséquences qui peuvent avoir un certain intérêt en électrochimie.

On peut chercher s'il y a réellement accord entre la loi qui nous occupe et l'expérience, de deux manières bien distinctes.

1° On peut construire des piles et déduire la force électromotrice d'après l'action chimique qui se produit à l'intérieur de la pile.

2° Inversement, on peut décomposer un électrolyte et mesurer la force électromotrice de décomposition, ou de polarisation.

C'est la première méthode surtout qu'on a employée pour la vérification de la loi. Cette méthode a l'avantage de mettre en jeu des piles dont la force électromotrice se mesure d'une manière relativement facile ; d'un autre côté il est assez facile de déterminer dans ce cas le terme relatif à la variation de la température.

Qu'il nous soit toutefois permis de faire à ce propos une observation sur la méthode de mesure employée.

Le terme correctif $T \frac{dE}{dt}$ ne porte guère que sur la deuxième ou troisième décimale et il est assez difficile d'être sûr de l'exactitude du dernier chiffre. Lorsqu'on lit par exemple le travail de M. Czapski, on se rend bien compte des précautions minutieuses qu'il faut prendre pour arriver à un résultat exact. Nous croyons donc que la méthode suivante, qui nous a été suggérée par le mode de raisonnement employé par M. Potier pour déduire la loi de M. Helmholtz, peut faciliter ce genre de recherches.

D'abord, pour la construction des éléments de pile, le moyen suivant paraît le plus pratique; ce moyen a été employé par M. Bouty dans ses études sur la résistance électrique des électrolytes.

On prend un flacon A (fig. 1), rempli du liquide dans lequel doit plonger l'électrode M. Un siphon S étiré à sa partie inférieure a, établit la communication avec l'auge B, dans lequel vient plonger l'extrémité a' de l'autre flacon A'. Le piston P sert à faciliter le remplissage du flacon A.

Cet arrangement présente plusieurs avantages :

1° Il permet de remplir très exactement le flacon et d'éviter ainsi que l'électrolyte A ne renferme de 'lair.

Il est en effet, dans beaucoup de cas, très important d'opérer à l'abri de l'air, et il nous paraît que souvent on n'a pas assez insisté sur ce point. En général il suffit de faire bouillir fortement le liquide et de l'introduire encore chaud dans le flacon.

On peut d'ailleurs, si cela est nécessaire, faire le vide dans le flacon, en remplaçant le piston P par un tube creux.

2° On forme ainsi des éléments de pile sans vase poreux, et dont la résistance, toujours très grande, dépend du diamètre du siphon S et spé-

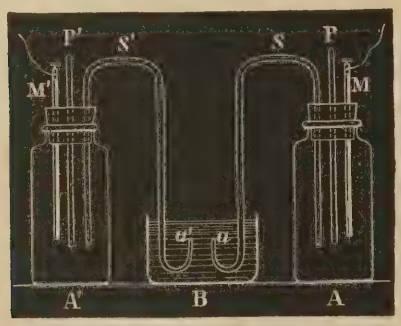


Fig. 1

cialement du tube effilé *a*. Il est avantageux de ne pas prendre ce dernier tube trop fin.

Si, par exemple, on désire former à l'aide de cette disposition un élément Daniell étalon, on prendra pour l'un des métaux, M, par exemple, du zinc distillé et chimiquement pur.

On peut se procurer du zinc d'une très grande pureté ; nous en avons des échantillons où l'analyse chimique n'a relevé l'existence d'aucun autre métal, si ce n'est les quelques milligrammes de platine qu'il est nécessaire d'employer pour provoquer l'attaque du zinc par l'acide sulfurique pur.

Comme électrolyte, on prendra, par exemple, une solution de densité déterminée de sulfate de zinc pur et bien purgé d'air.

L'autre métal sera formé par du cuivre électrolytique bien brillant et exempt d'oxygène ; on fera baigner ce métal dans une solution saturée pe sulfate de cuivre également privé d'air.

Dans l'auge B on mettra du sulfate de zinc, de même constitution que celui qui se trouve en A. Il est important de ne mettre le flacon rempli de sulfate de cuivre dans l'auge B, qu'au moment de faire l'expérience, car on constate que, malgré la finesse du tube *a'*, il y a une certaine diffusion de liquide et on voit le sulfate de zinc, qui est blanc,

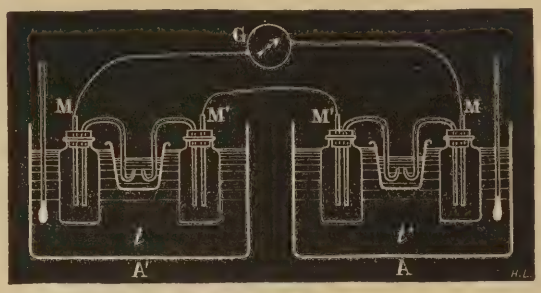


Fig. 2

monter lentement dans le tube qui contient le sulfate de cuivre.

Pour réaliser des expériences sur la variation de la force électromotrice avec la température, on peut adopter le dispostif suivant :

On renfermera un élément dans une cuve A,

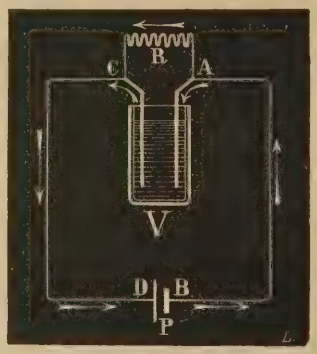


Fig. 3

et l'autre dans une cuve A' ; de cette façon, il est facile de connaître très exactement la température des deux éléments. Par une expérience préalable, on a, à l'aide de la décharge d'un condensateur, par exemple, déterminé au centième près, la force électromotrice des deux éléments identiques A et A' ; puis on les met en opposition sur un galvanomètre G, comme cela se trouve indiqué sur la figure 2.

A la même température, le galvanomètre doit rester au zéro.

Voyons quellle est la sensibilité de cette méthode. Supposons que G soit un grand galvanomètre Thomson, ayant une résistance de 10.000 ohms et une sensibilité telle qu'un millimètre de l'échelle corresponde à un courant de 10^{-9} ampère. (La constante de ce galvanomètre serait 1000 mégohms, ce qui n'a rien d'exagéré).

La résistance intérieure de la pile n'intervien pas; on peut même la supposer inférieure à celle du galvanomètre. On a dans ces conditions un millimètre de déviation pour une force électromotrice de $10^{-9} \times 10000 = 10^{-5}$ volt, et on voit que ce dispositif permet de mesurer avec une grande facilité les différences de force électromotrice des deux piles jusqu'à un cent millième de volt.

On peut encore faire observer qu'on se place

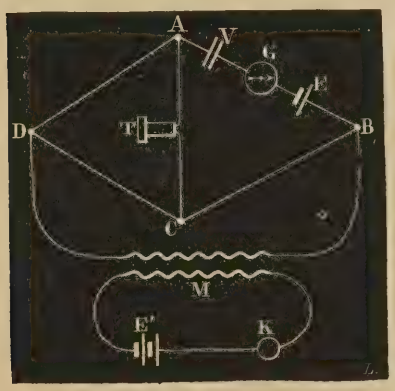


Fig. 4

ainsi dans des conditions très favorables pour la vérification de la loi, puisqu'on p eut opérer sur de très faibles différences de température.

La deuxième manière de vérifier la loi dont nous nous occupons, consiste dans la mesure directe de la force électromotrice de décomposition des électrolytes.

Soit V (fig. 3), l'auge de décomposition.

Il peut se présenter deux cas: ou bien l'anode A est soluble et se dissout dans l'électrolyte, ou bien cet anode est insoluble. C'est le second cas qui nous intéresse ici, car dans ce cas, toute l'énergie de la décomposition est fournie par le courant électrique et d'après la loi que nous avons énoncée, il doit y avoir une relation entre la force électromotrice de polarisation et la chaleur dégagée par la combinaison chimique.

Prenons l'exemple de la décomposition du sulfate de cuivre; mettons en A une lame de platine et en C une lame de cuivre, l'électrolyte étant constituée par une solution de sulfate de cuivre.

On sait que la dissolution d'un équivalent de cuivre dans une solution d'acide sulfurique dans l'eau se fait avec un dégagement de 28,2 calorie, ce qui correspond, d'après la formule, à une force électromotrice de 1,24 volt.

Nous laissons tout à fait de côté la manière dont interviendrait, dans cette décomposition, la correction due à la variation de la forme électromotrice avec la température, que nous avons considérée plus haut.

Notre but actuel est principalement d'arriver à une bonne mesure de la force électromotrice de décomposition.

Voici comme on a opéré le plus souvent: on

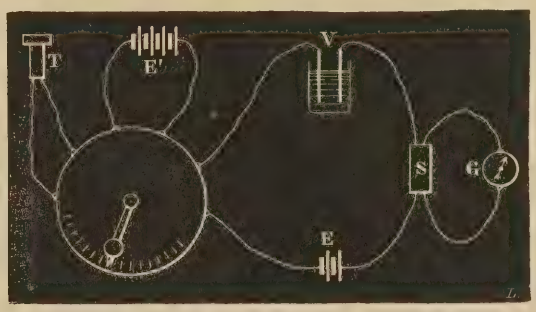


Fig. 5

mettait les deux électrodes A et C en relation avec un galvanomètre à long fil et, en coupant le circuit de la pile, on mesurait l'impulsion en sens contraire de l'aiguille du galvanomètre d'où l'on déduisait la force électromotrice dépolarisatrice.

M. Bouty a étudié, d'autre part, à l'aide de l'électromètre capillaire, la force électromotrice correpondant à chaque électrode, dans le cas de forces électromotrices très variables.

Le but que nous nous proposons, est de mesurer la force électromotrice de décomposition dans le cas d'une électrolyse normale, c'est-à-dire d'une électrolyse se faisant dans les conditions ordinaires et après un temps assez considérable, pour éliminer les erreurs prodenant de l'absorption du gaz, etc.

Il est indispensable d'après nous, de se placer

dans ces conditions pour pouvoir arriver à des résultats bien nettement définis. On sait qu'il intervient dans les électrolyses une cause perturbatrice dont il faut surtout s'affranchir : c'est la résistance au passage.

Dans certains cas, il se dépose, en effet, sur les électrodes des matières qui altèrent la conductibilité; dans d'autre cas, on a un dégagement de gaz qui changent également la résistance entre l'électrode et la couche de liquide qui la baigne.

On possède dans le galvanomètre intercalé dans le circuit un moyen facile de constater si l'électrolyse se fait dans des conditions normales. Si après un temps plus ou moins considérable, le galvanomètre indique une intensité constante et si, d'autre part, on a un bon dépôt sur la cathode, on peut dire que l'électrolyse se fait dans des conditions normales, et la force électromotrice de décomposition qui correspond à cet électrolyse peut être considérée comme celle qui se rapporte à la chaleur de combinaison.

Pour mesurer, dans ce cas, la force électromotrice en question, nous employons deux méthodes bien distinctes et qui doivent donner le même résultat : si les expériences conduisent à une même valeur pour la force électromotrice de décomposition, on est en droit d'affirmer que la mesure ainsi effectuée doit être près de la vérité.

Nous pensons, en effet, qu'il est absolument indispensable d'effectuer la même mesure par deux procédés différents, pour pouvoir affirmer que la valeur trouvée n'est affectée d'aucune erreur provenant du procédé de mesure.

Nous arrivons maintenant à la description des procédés de mesure.

Première méthode. — Voici le principe de cette méthode :

On mesure d'une part, à l'aide d'un galvanomètre, l'intensité du courant qui traverse l'électrolyte, et d'autre part, la résistance totale de tout le circuit, comprenant les piles, le galvanomètre et l'auge de décomposition. La mesure de la résistance du circuit peut s'effectuer à l'aide de la méthode de Kohlrausch, d'une manière indépendante des forces électromotrices. La figure 4 montre le dispositif schématique. V est l'auge de décomposition, E la pile et G le galvanomètre.

Le pont est formé par les branches A B, B C et D A. La bobine d'induction se trouve en M, elle est actionnée par la pile E', et les interruptions sont produites par l'interrupteur K. Le téléphone T n'accusant aucun son, on a entre les quatre branches du pont la relation ordinaire.

La figure 5 montre comment on peut réaliser les attaches, quand on se sert du pont de Kohlrausch sous la forme que lui a donnée la maison Breguet [1] (fig. 6).

Les lettres se correspondent dans les deux figures (fig. 4) et (fig. 5). Dans la figure 5, S est le shunt du galvanomètre G ; on prend, à cet effet, un galvanomètre a périodique Deprez-d'Arsonval. En E il faut disposer de quelques éléments de pile d'une très grande constance : les éléments Daniell ou Bunsen conviennent le mieux ; il est avantageux de ne pas prendre ces éléments trop petits. Dans certains cas, il est nécessaire de shunter ces piles pour obtenir une force électromotrice désignée d'avance.

Tout étant ainsi arrangé, on attend jusqu'à ce que le galvanomètre G indique une constance parfaite et on note l'intensité I ainsi obtenue. Puis, à l'aide du pont à téléphone, on observe la résistance totale R de tout le circuit, comprenant la résistance de la pile E, celle du galvanomètre shunté G (ces deux résistances doivent être très faibles) et finalement la résistance de l'auge de décomposition. Cette dernière résistance comprend la résistance au passage. L'équilibre du pont une fois obtenue, on constate que le galvanomètre n'est pas affecté par la marche de l'interrupteur. On peut faire marcher le mouvement d'horlogerie ou l'interrompre, sans que l'image du galvanomètre subisse la moindre variation.

Pour déduire de l'expérience précédente la force électromotrice de décomposition de l'électrolyte, il suffit de la formule d'Ohm :

$$I = \frac{E - e}{R}$$

I étant l'intensité du courant, indiquée par le galvanomètre G.

R, la résistance totale mesurée par le pont d'induction ;

E, la force électromotrice de la pile en E ;

e, la force électromotrice de décomposition.

Pour que cette méthode donne de bons résultats, il faut donc connaître avec exactitude la force

[1] Voir *La Lumière Électrique*, t. XVII, p. 211, 1885.

électromotrice de la pile E, et il faut que cette force électromotrice reste bien constante pendant toute l'opération.

Il n'y a guère que les éléments Daniell ou Bunsen dont la force électromotrice ne tombe pas, en induit fermé, et, pour s'assurer d'une grande constance, il est bon de ne pas prendre des éléments trop petits.

Pour pouvoir compter sûrement sur les indications du pont à téléphone, on doit éviter l'emploi

Fig. 6

de bobines dans le circuit et former toutes les communications par des fils rectilignes. Le shunt S en particulier doit être formé par un simple fil droit.

Deuxième méthode. — Pour obtenir une vérification, et contrôler les résultats de la méthode précédente, nous nous proposons d'employer le dispositif suivant, qui a été décrit dans ce journal [1] à propos d'une étude sur les piles électriques.

La méthode consiste à isoler les électrodes pendant un temps très court, et à charger un condensateur. La décharge du condensateur à travers un galvanomètre à long fil, donne alors la mesure de la force électromotrice de décomposition de l'électricité.

Cette méthode a l'avantage que les mesures se font dans un temps très court, puisque la charge d'un condensateur (microfarad) ne demande qu'une fraction très petite d'une seconde. Un microfarad prend en effet une charge qui ne diffère que d'un centième de la charge finale, dans un temps qui n'excède pas un millième de seconde, à travers un circuit dont la résistance peut atteindre 100 ohms. On a donc à sa disposition un moyen de mesurer la force électromotrice de décomposition, sans

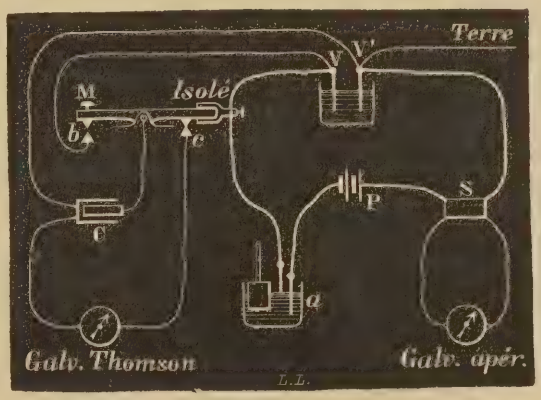


Fig. 7

interrompre, pour ainsi dire, le courant, puisque l'interruption ne dure qu'une fraction de seconde.

La figure 7 montre comment on peut réaliser les attaches des fils. Le galvanomètre apériodique est intercalé pour s'assurer de la constance du courant, et on a mis l'une des électrodes en communication avec la terre, pour avoir dans le circuit un point dont le potentiel est constamment nul.

La mesure, proprement dite, se borne alors à appuyer sur la manette de la clef, qu'on relâche immédiatement après, et à observer l'impulsion du galvanomètre Thomson. En appuyant sur cette manette, le circuit de la pile est coupé en *a*, et lorsque le contact se rétablit en *b*, le condensateur C se charge à la différence de potentiel V—V′ de l'auge de décomposition; mais, comme l'électrode V′ est en communication avec la terre, on a V′=*o*, et, lorsqu'on lâche la manette, le

(1) *La Lumière Electrique* 1885, t. XVII, p. 213.

circuit de la pile se referme en *a*; lorsque le contact *c* est rétabli, la décharge du condensateur passe à travers le galvanomètre Thomson.

Toutes ces opérations peuvent s'effectuer dans une fraction de seconde, et, en opérant vite, on constate que l'image du galvanomètre Deprez ne bouge presque pas et revient exactement au même point qu'auparavant. On est donc en droit d'affirmer que la courte interruption n'a pas fait varier les conditions de l'électrolyse.

Comme nous l'avons déjà indiqué, nous n'avons pas encore soumis ces méthodes à des vérifications expérimentales; il nous paraît probable, toutefois, que les valeurs trouvées par ces deux méthodes seront concordantes et permettront de fixer avec quelque exactitude la force électromotrice de décomposition. Nous nous proposons surtout de vérifier, à l'aide des méthodes exposées:

En premier lieu, si la force électromotrice de décomposition est constante, ou bien si elle varie avec les divers éléments qui caractérisent l'électrolyse, à savoir: la densité du courant, le degré de concentration de l'électrolyte, la température, etc.

Puis, de vérifier le point suivant, indiqué par la théorie: « La force électromotrice de decompo-« sition du cuivre étant de 1,24 volt théorique-« ment, ce métal peut-il se déposer, lorsque la « force électromotrice de la pile E est inférieure « à cette valeur? » Cette question a une importance capitale dans les applications de l'électricité à l'analyse chimique, car, ce fait bien établi expérimentalement, on pourrait effectuer des analyses fractionnées, en forçant les métaux à se déposer les uns après les autres, à l'aide de forces électromotrices convenablement graduées.

On pourra encore chercher quelle est la valeur de la force électromotrice qui correspond à certaines électrolyses qui ne satisfont pas à la loi de Faraday. On trouve, par exemple, dans certains cas, que le dépôt du métal est bien inférieur à celui qu'on déduit de l'intensité du courant, et il pourrait être intéressant de savoir à quoi tient ce phénomène.

Finalement, des mesures ainsi effectuées permettront de voir jusqu'à quel degré la formule dont nous avons parlé au début de cet article se vérifie dans les divers cas examinés; mais, pour faire cette vérification avec exactitude, on serait probablement amené à effectuer certaines mesures calorimétriques, pour être sûr que les deux mesures, électrique et calorique, se rapportent aux mêmes combinaisons chimiques.

Au point de vue industriel, il serait intéressant de pouvoir préciser, et les conditions électriques, et la composition à donner à un bain, pour obtenir de bons dépôts métalliques.

P.-H. Ledeboer

LES JAUGES ÉLECTRIQUES [1]

De même que les règles à calcul, les jauges électriques rendront des services aux ingénieurs électriciens qui apprendront à s'en servir rapidement.

L'appareil dont nous avons parlé dans notre précédent article, est construit en bois, il est léger, portatif et d'un maniement très commode.

La figure 1 en représente les deux faces. Les colonnes portent en tête les diverses rubriques désignées chacune par une lettre de l'alphabet. Pour la simplification du croquis, les calculs exécutés au préalable sont seulement amorcés par les premiers nombres de chaque série.

Une autre jauge est celle de Glover.

La figure 2 en offre deux vues: l'une antérieure, l'autre postérieure. Elle est très employée en Angleterre, son pays d'origine.

Cette jauge comporte quatre échelles différentes, dont la plus longue marquée S. W. G. donne le diamètre des fils conformément aux données de la nouvelle jauge-étalon de la Chambre de commerce ne diffèrant, du reste, que fort peu de l'ancienne jauge connue de Birmingham.

Les échelles marquées *pouce* et *millimètres* fournissent les diamètres en dixièmes de pouce et en millimètres respectivement; toutes deux sont munies de verniers indiqués chacun par une tête de flèche en face du zéro de l'échelle correspondante où se fait une lecture approximative.

Le premier chiffre se lit directement sur l'échelle par l'indication de la flèche, le vernier donne ensuite les chiffres complémentaires la graduation partant, bien entendu, de la pointe de la flèche. Au surplus, c'est un mode de lecture

[1] Voir *La Lumière Électrique*, du 29 janvier 1887.

en tout semblable à celle des pieds à coulisse d'atelier pourvus de verniers.

Cet instrument est en métal. Les tranches en sont striées pour le maintenir commodément dans

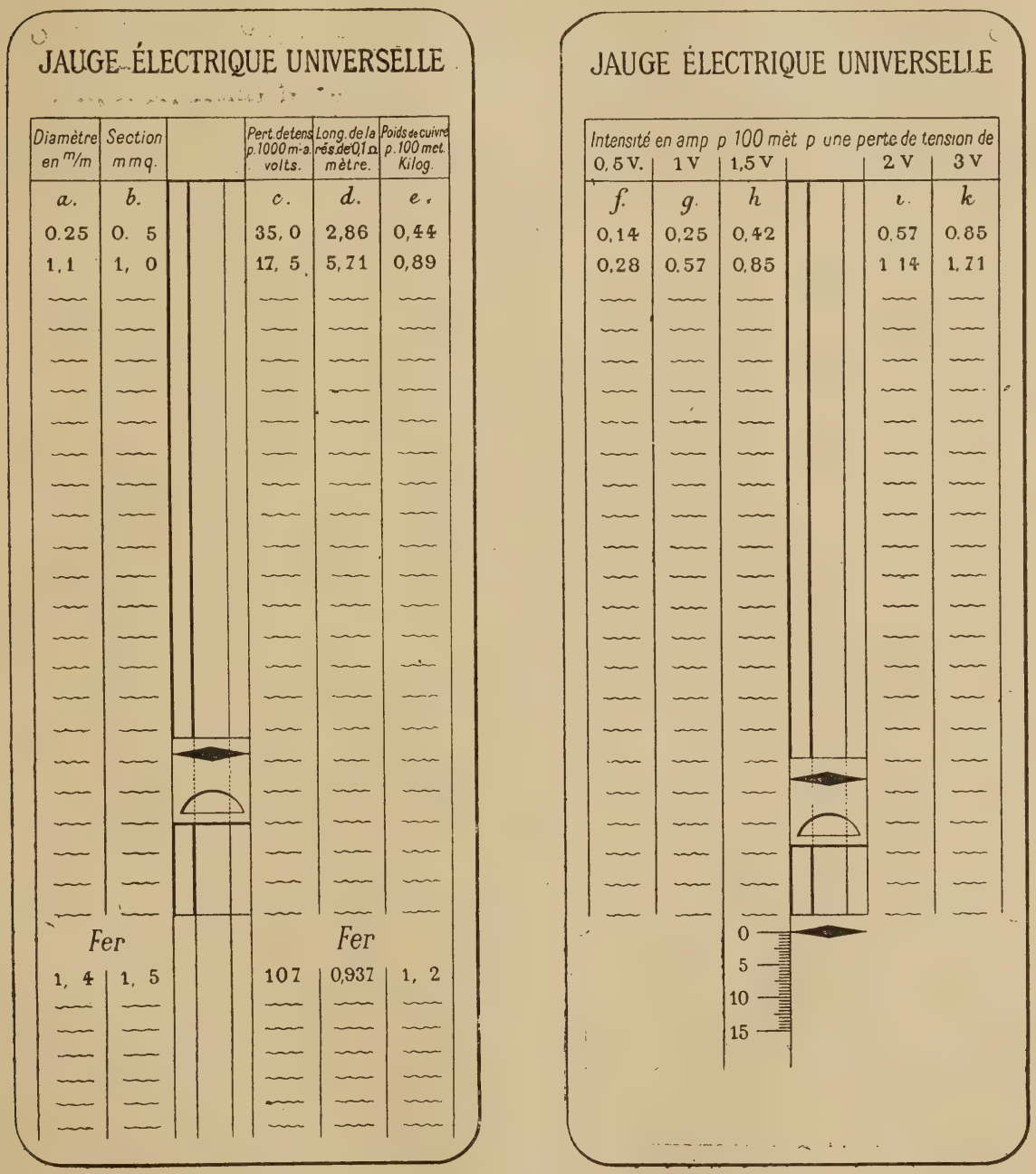


Fig. 1

la main pendant les opérations. L'examen du dessin montre les deux parties glissant l'une dans l'autre ; à cet effet, l'une des glissières est munie d'un œil à son extrémité permettant de la pousser et de la tirer plus aisément.

Le fil ou tout autre objet à mesurer est placé

entre les mâchoires, et serré. Un ressort empêche la jauge de glisser ou de se détendre à la suite d'un usage fréquent.

Le vernier S. W. G. de la jauge-étalon présente une particularité de lecture; celle-ci se fait par l'observation de deux nombres identiques venant à coïncider dans l'une et l'autre des graduations.

L'échelle du pouce donne les mesures en millièmes de pouce; chaque division de l'échelle correspond à $\frac{1}{50}$ ou $\frac{20}{1000}$ comme le désigne, du reste, l'indication gravée. La lecture s'opère de la manière suivante : chaque division franchie par la tête de flèche compte pour 20; lorsque celle-ci s'arrête dans l'intervalle de deux divisions, on consulte le vernier et la division qui correspondra à l'un quelconque des traits de l'échelle donnera, lu sur le vernier, le chiffre à ajouter aux centaines de l'échelle, pour obtenir le diamètre exact en millièmes de pouce. Si le fil à mesurer a une épaisseur inférieure à 20 millièmes, le vernier seul servira à en trouver le diamètre.

En Angleterre, on a conservé l'habitude de spécifier les commandes de fil par l'indication des numéros de la jauge-étalon. Le calibre dont nous nous occupons servira de guide, lorsqu'on aura à faire des comparaisons entre les dimensions anglaises et françaises. En effet, quand il est ajusté à une dimension quelconque en millimètres, il enregistre en même temps le nombre de millièmes de pouce et aussi le numéro anglais du fil.

Introduisons, par exemple, entre les mâchoires le fil n° 8 S.-W.-G. de la jauge-étalon; on verra que l'échelle du pouce indique 0,160, celle des millimètres un chiffre un peu supérieur à 4 — le diamètre exact étant 4,064 —, tandis que l'échelle des surfaces indique 20, ce chiffre donnant en même temps le courant en ampère qui pourra traverser le fil sans inconvénient. La surface multipliée par 4 donne 8 livres pour poids du fil par 100 pieds de longueur, et ainsi de suite pour les calculs des autres éléments tels que la résistance, etc.

Un autre exemple : mettons en coïncidence les marques 16 de la jauge S. W. G. à la lecture de l'échelle du pouce; on remarque que la flèche dépasse juste la troisième division; le diamètre du fil est un peu supérieur à 0,060 de pouce. L'appoint du vernier fournira le chiffre exact et l'on verra alors que la quatrième division vient en opposition directe avec un trait de l'échelle supérieure; par conséquent, la donnée exacte sera 0,064 de pouce. Sur l'échelle des millimètres, la flèche dépasse une division et demie, la valeur de la mesure est donc supérieure à 1,5 m. m. La lecture du vernier la donnera exacte; sur celui-ci la division coïncide presque avec le premier long trait de l'échelle, la lecture exacte est 1,62, la flèche étant un peu au-dessus de 1,6. Il ne faut pas oublier que le vernier des millimètres est divisé en centièmes, sans quoi les résultats des

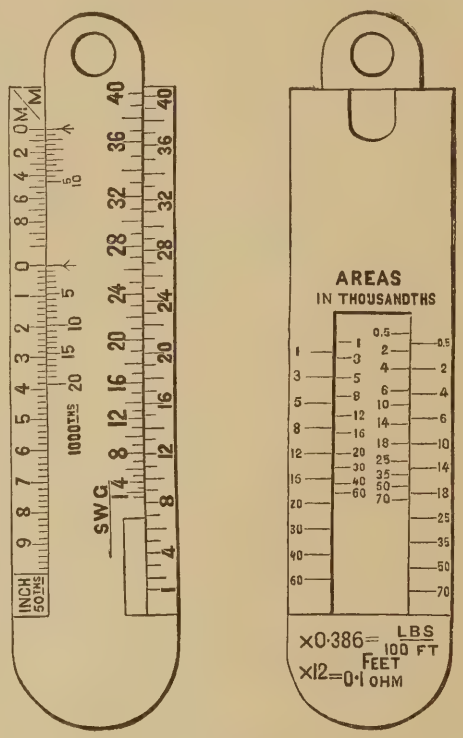


Fig. 2

lectures seraient trop grands. Il est bon aussi de se rappeler que l'échelle du pouce est divisée en millièmes de pouce et celle des millimètres en vingtièmes de millimètre. Dans les mesures soignées, on peut s'aider d'une loupe.

Au verso de cette jauge se trouve une échelle des surfaces des cercles dont les diamètres sont entre les mâchoires; ces surfaces sont données en millièmes de pouce carré approximativement. Le mode de lecture de cette échelle est le même que celui de la jauge S. W. G. Au moyen de cette échelle et à l'aide d'une des formules bien connues, on pourra déterminer la section d'un fil capable de conduire un courant électrique quel-

conque; mais eu égard à l'économie et à la résistance, on trouvera que, jusqu'au n° 6 S. W. G. de la jauge-étalon, une section laissant passer 1000 ampères par pouce carré est généralement satisfaisante. L'échelle des surfaces peut être considérée, d'une façon générale, comme une échelle des ampères.

Une surface multipliée par le coefficient 12,33 donne comme résultat la longueur en pieds de cuivre pur ayant une résistance de un dixième d'ohm. En pratique, le multiplicateur est simplement 12. Il est bien entendu, la jauge l'indique du reste, que les surfaces sont exprimées en millièmes et non en pouces carrés. Comme dans tous les calculs qui ont servi à l'établissement de la jauge, on a compté sur une conductibilité de 98 o/o, le vrai multiplicateur serait 12,08.

La surface multipliée par 0,4 ou plus exactement par 0,386 donne le poids en livres pour une longueur de 100 pieds. La surface multipliée par 0,323 donne le régime de sécurité de W. Thomson de 0,5 ampère par millimètre carré.

La surface multipliée par 0,0575 donne la perte par mille évaluée en chevaux vapeur, avec 1000 ampères par pouce carré. Le nombre 42,8 divisé par la surface donne la résistance en ohms par mille.

Comme pour le cas des règles à calcul ordinaires, un court apprentissage est nécessaire pour tirer tout le fruit possible de l'emploi des jauges électriques. On ne se rend toutefois bien compte de la facilité et de la rapidité des opérations qu'en opérant soi-même.

E. Dieudonné

ÉTUDE SUR LES MACHINES

DYNAMO-ÉLECTRIQUES (1)

Par J. et E. Hopkinson

CONSTRUCTION THÉORIQUE DE LA CARACTÉRISTIQUE

Si on laisse de côté l'effet du courant dans l'induit, toutes les propriétés d'une machine dynamo peuvent se déduire d'une relation entre le champ magnétique et la force magnétisante nécessaire pour le produire, ou ce qui revient au même, d'une relation entre la force électromotrice à une vitesse déterminée, et le courant d'excitation.

Cette fonction une fois connue, on peut alors déterminer la caractéristique (1) de la machine pour une marche quelconque, comme génératrice ou comme réceptrice; et quel que soit du reste l'enroulement des électros ou de l'induit.

La variable indépendante qu'il convient de choisir, dans cette étude, est l'intensité du courant d'excitation des électros, et le premier résultat à obtenir, est une relation entre la force électromotrice induite dans l'armature et l'excitation. Cette courbe a été étudiée pour la première fois par J. Hopkinson (voir *Mécan Engin. Instit. Proc.* 1879, p. 246, 1880 et 266). On peut ensuite en déduire par des tracés géométriques, tous les résultats qu'il importe de connaitre; on peut aussi exprimer cette relation par une formule empirique, comme par exemple celle de Frœlich.

Le but du présent travail, est de donner une méthode complète pour la construction approchée de la courbe caractéristique d'une dynamo, de dimensions données, en partant des lois connues de l'électromagnétisme et des propriétés du fer, et

---

(1) En continuant nos études sur les recherches récentes sur le magnétisme, nous avions l'intention de passer en revue cette étude de MM. Hopkinson; mais, en considérant l'importance capitale du sujet, il nous a paru nécessaire de reproduire *in extenso* ce travail, qui a été lu devant la *Royal Society* de Londres en mai 1886, mais qui n'a paru dans les *Philosophical Transactions* de la même Société qu'à la fin de l'année dernière.

Nous rappellerons que le premier Mémoire de M. Kapp, où se trouve indiquée la notion de la *résistance magnétique*, beaucoup moins scientifique, selon nous, que la méthode de MM. Hopkinson, date du 24 novembre 1885, et que le second travail du même auteur, où sa méthode de calcul est complètement développée (voir *La Lumière Électrique*, p. 28, 76 et 122, 1887), a été lu, le 11 novembre 1886, devant la *Society of Telegraph Engineers and Electricians*.

Nous n'hésitons pas à placer le présent travail à la première place parmi toutes les recherches faites jusqu'à présent sur les machines à courants continus; du reste, les principaux organes de la presse scientifique étrangère l'ont également reproduit avec de nombreux commentaires; nous espérons que les praticiens français sauront en apprécier l'importance.

E. Meylan

(1) Dans ce travail, comme on le verra, du reste, il s'agit en réalité de la relation entre le courant d'excitation et le flux d'induction magnétique utile. M.

de comparer les résultats ainsi obtenus avec ceux que l'on obtient par l'expérience directe.

Les lois de l'électromagnétisme sous leur forme la plus complète, peuvent être ramenées (voir *Thomson, papers on Electrostatics and Magnetim. Maxwell, Electricity and Magnetism*, vol. 2, p. 242 et 143), aux deux théorèmes suivants :

1. L'intégrale de la force magnétique effectuée le long d'une courbe fermée, dans des milieux quelconques, est égale à $4\pi ni$, i étant l'intensité du courant qui traverse n fois la courbe considérée.

2. Le flux d'induction est une quantité constante tout le long d'un tube d'induction.

En ce qui concerne le fer, il est nécessaire de connaître par l'expérience directe sur un échantillon déterminé, quelle est la relation entre l'induction B et la force magnétique H en un point quelconque.

Nous désignerons cette fonction par :

$$B = f_1(H) \qquad \text{ou par} \qquad H = f(B) \text{ (1)}$$

Sans aucune hypothèse, il serait possible par un calcul laborieux d'en déduire la caractéristique d'une machine quelconque.

Il est parfaitement inutile d'essayer d'entreprendre ce calcul, qui du reste ne jetterait aucune lumière sur le problème pratique à résoudre.

Il convient donc de faire certaines hypothèses qui en simplifient singulièrement la solution ; nous indiquerons ensuite la grandeur et la nature des erreurs ainsi introduites, en modifiant un peu la méthode, pour en tenir compte.

Première approximation.—Supposons d'abord que le flux total d'induction passe dans le fer seulement, et dans l'entrefer proprement dit, et soit F l'induction totale à travers l'âme de l'induit.

D'un autre côté, désignons comme suit les dimensions des diverses parties de la carcasse de la dynamo :

A_1 la section du fer de l'âme de l'induit ;

l_1 la longueur moyenne des lignes de force dans ce noyau ;

A_2 la surface développée de chacune des pièces polaires ;

l_2 la distance entre les pièces polaires et l'âme, ou l'entrefer ;

A_3 la section des noyaux des électros ;

l_3 la longueur totale de ces derniers.

Tous les tubes d'induction qui traversent l'âme, traversent aussi — dans notre hypothèse — l'entrefer et les électros, et d'après l'hypothèse faite, il n'y en a pas d'autres.

Supposons, en outre, que ces tubes sont distribués d'une manière uniforme dans toutes les sections.

L'induction proprement dite est alors égale à $\frac{F}{A_1}$ dans l'âme de l'induit, à $\frac{F}{A_2}$ dans l'entrefer, et à $\frac{F}{A_3}$ dans les noyaux des électros ; les forces magnétiques correspondantes doivent être :

$$f\left(\frac{F}{A_1}\right); \qquad \frac{F}{A_2} \qquad \text{et} \qquad f\left(\frac{F}{A_3}\right)$$

L'intégrale de la force magnétique le long d'une courbe fermée (1) sera :

$$(1) \qquad l_1 f\left(\frac{F}{A_1}\right) + 2\, l_2 \frac{F}{A_2} + l_3 f\left(\frac{F}{A_3}\right)$$

Dans cette première approximation, nous négligeons la force nécessaire pour l'aimantation des pièces polaires et des parties en dehors des bobines, pour ne pas trop compliquer la formule.

L'équation de la caractéristique est alors :

$$4\pi n i = l_1 f\left(\frac{F}{A_1}\right) + 2\, l_2 \frac{F}{A_2} + l_3 f\left(\frac{F}{A_3}\right)$$

D'après le premier principe posé plus haut.

On peut construire facilement cette courbe en partant de la relation exprimée par une courbe $H = f(B)$ qui détermine les propriétés magnétiques du fer employé.

(1) Cette fonction f_1 se réduit simplement au produit μ H, μ étant une fonction inconnue de H.

E. M.

(1) Cette courbe peut être quelconque, à condition de projeter la force magnétique sur chaque élément ; dans ce cas, il est évident que l'intégration s'effectue suivant la direction des tubes d'induction. E. M.

Sur la figure 1, la courbe A représente l'équation :

$$x = l_1 \, f\left(\frac{y}{A_1}\right)$$

La ligne droite B, l'équation :

$$x = 2 \, l_2 \, \frac{y}{A_2}$$

Et enfin, la courbe C, l'équation :

$$x = l_3 \, f\left(\frac{y}{A_3}\right)$$

La courbe D donne alors la caractéristique. Si nous comparons cette courbe avec la caractéristique réelle E, nous voyons qu'elle en diffère en deux points principaux :

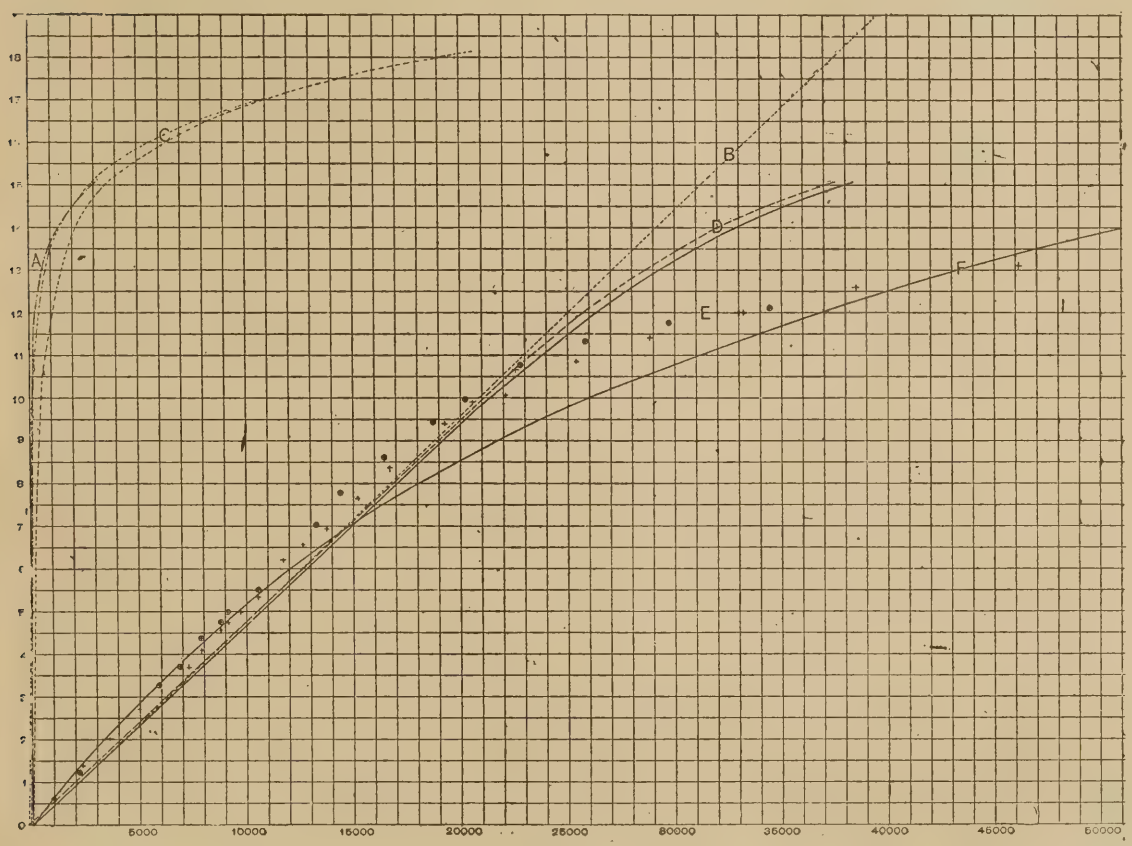


Fig. 1. — Les ordonnées donnent le flux total d'induction dans l'armature rapporté à une unité égale à 10^6 C.G.S.

(1) Elle ne croit pas assez vite à l'origine.

(2) Elle atteint un maximum plus élevé que celui que l'on obtient réellement.

Examinons en détail ces deux écarts :

L'angle que la caractéristique fait avec l'axe des abscisses à l'origine est déterminé principalement par la ligne B.

Or, en fait, le champ s'étend considérablement en dehors de l'entrefer proprement dit.

Les considérations suivantes montrent combien cette extension du champ peut être considérable.

Représentons schématiquement (fig. 2) une section de l'entrefer ; les lignes de force s'étenden en dehors, et nous savons que si nous calculons ce flux additionnel en partant d'une loi arbitraire, il sera inférieur à celui qu'on déduirait de l'équation de Laplace.

Supposons par exemple que les lignes de force soient des arcs de cercle et des lignes droites ; si V est la différence de potentiel (magnétique) entre

les deux plans, l'induction le long d'une ligne P Q R sera :

$$\frac{V}{(\pi - \alpha)x + t}$$

Le flux additionnel sera donc :

$$\int_0^x \frac{V\,dx}{(\pi - \alpha)x + t} = \frac{V}{\pi - \alpha} \frac{\log (\pi - \alpha)x + t}{t}$$

Si nous supposons que $\alpha = \frac{\pi}{2}$, nous aurons pour les valeurs successives $x = t$, $2t$, etc. :

x	$\frac{1}{\pi - \alpha} \log \frac{(\pi - \alpha)x + t}{t}$
$1\,t$	0.599
$2\,t$	0.904
$3\,t$	1.109
$4\,t$	1.263
$5\,t$	1.387
$10\,t$	1.792

Ces chiffres montrent que l'extension du champ peut être considérable.

2° Le fait que la courbe réelle n'atteint pas le maximum indiqué par la construction approximative, provient de ce que celle-ci suppose que le flux total d'induction qui traverse les électros, passe aussi à travers le noyau ou l'âme de l'induit.

La simple observation montre que cela n'est pas le cas. Si ν est le rapport de l'induction totale dans les noyaux des électros, à l'induction dans

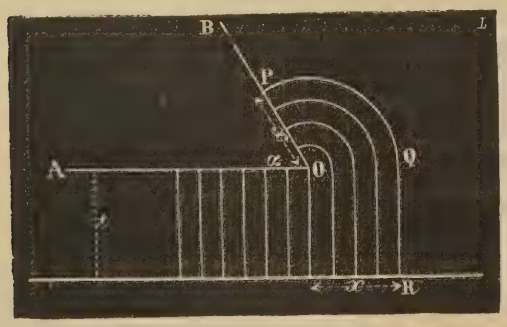


Fig. 2

l'âme de l'armature, nous devons remplacer les termes $f\left(\frac{F}{A_3}\right)$ par $f\left(\frac{\nu F}{A_3}\right)$; le rapport ν ne peut pas être considéré comme constant, comme nous le verrons plus tard, il doit augmenter en même temps que F, à cause de la saturation du noyau, et par suite il est aussi affecté par les variations du courant dans l'induit.

Pour le moment nous supposerons ce rapport constant.

Il y a encore une autre source d'erreur qu'il est nécessaire d'examiner. Une partie du flux d'in-

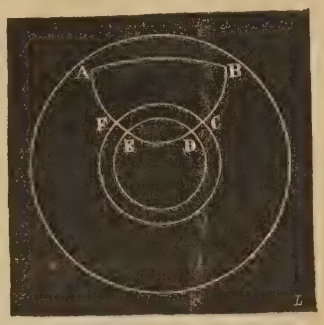


Fig. 3

duction dans l'induit peut passer dans l'arbre de la machine, au lieu de traverser le noyau.

Il est facile de se faire une idée de la grandeur de cette erreur :

Considérons la courbe fermée A B C D E F (fig. 3) ; F E, D C étant menés suivant les lignes de force, tandis que A F et B C sont des équipotentielles. L'intégrale de la force magnétique doit être nulle le long de cette courbe ; par suite, en négligeant la force correspondant à E D, la force le long de A B doit être égale à celle qui règne le long de F E et de D C.

Dans la machine spéciale sur laquelle tous ces calculs ont été appliqués, l'induction à travers l'arbre peut parfaitement être négligée.

La formule corrigée et complétée, devient alors :

$$4\pi n i = l_1 f\left(\frac{F}{A_1}\right) + 2\,l_2 \frac{F}{A_2} + l_3 f\left(\frac{\nu F}{A_3}\right) + l_4 f\left(\frac{\nu F}{A_4}\right) + 2\,l_5 f\left(\frac{F}{A_5}\right)$$

En désignant par l_4 la longueur moyenne des lignes de force dans la culasse de fer doux, par A_4 la section correspondante, et par l_5 et A_5 les quantités semblables se rapportant aux pièces polaires.

Pour construire graphiquement cette relation, nous répétons alors exactement la même construction graphique que précédemment.

Dans la figure 4, la courbe G représente la force nécessaire à l'aimantation de la culasse et H la même quantité pour les pièces polaires.

Avant d'entrer plus avant dans la discussion de ces courbes, et de comparer les résultats avec

ceux qu'à fourni l'expérience directe, il convient de décrire la machine dynamo sur laquelle ces expériences ont été faites.

DESCRIPTION DE LA MACHINE

La machine étudiée, figures 5, 6 et 7, forme un circuit magnétique simple, elle se compose de deux noyaux, prolongés à une de leurs extrémités pour former les pièces polaires, et reliés à la partie supérieure par une culasse rectangulaire. Chaque noyau est formé d'une seule pièce de forge ; la perméabilité de ce fer, ainsi que celle de la culasse est peu inférieure à celle du meilleur fer de Suède au bois.

La culasse est fixée aux noyaux par deux boulons, les surfaces de joint étant parfaitement

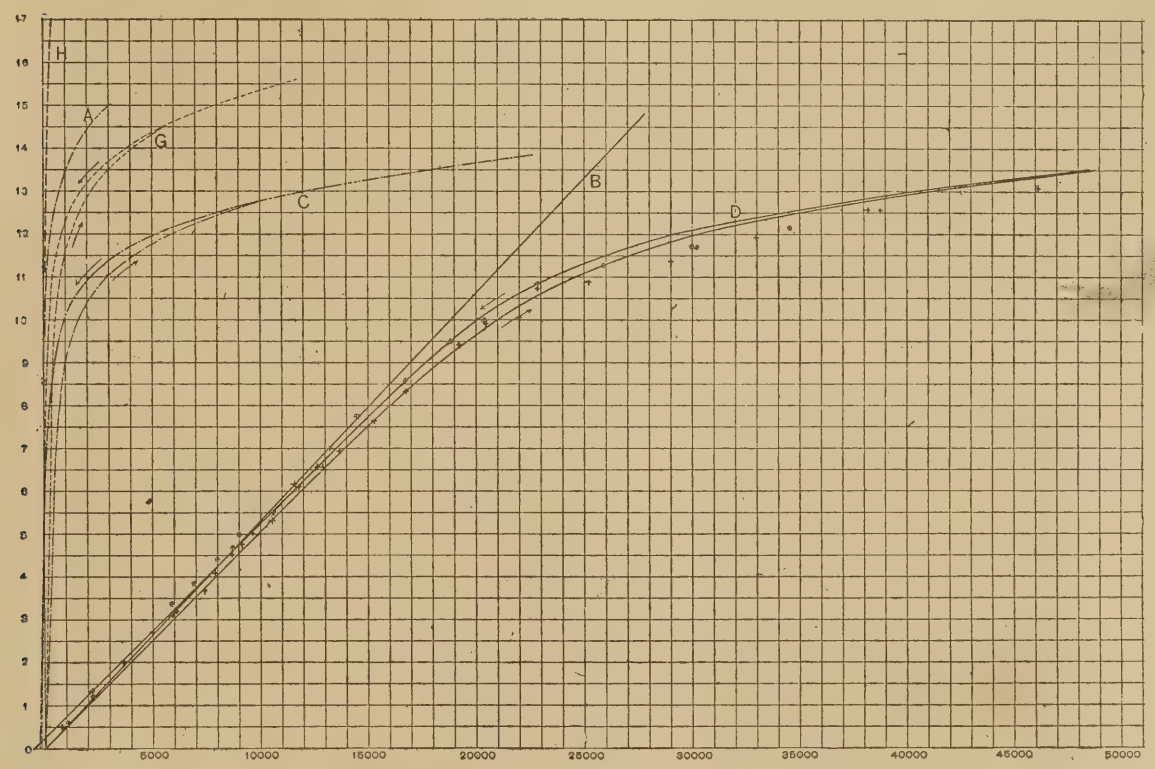


Fig. 4. — Les ordonnées donnent le flux total d'inductiou dans l'armature rapporté à une unité égale à 10^6 C. G. S.

ajustées. La section des noyaux est rectangulaire, mais les angles sont abattus pour faciliter l'enroulement.

Une plaque de zinc, boulonnée à la base, supporte les pièces polaires.

Les bobines excitatrices sont enroulées directement sur les noyaux ; elles consistent en 11 couches de fil de cuivre de 2,413 millimètres de diamètre, faisant en tout 3260 tours, avec une longueur de 4570 mètres environ.

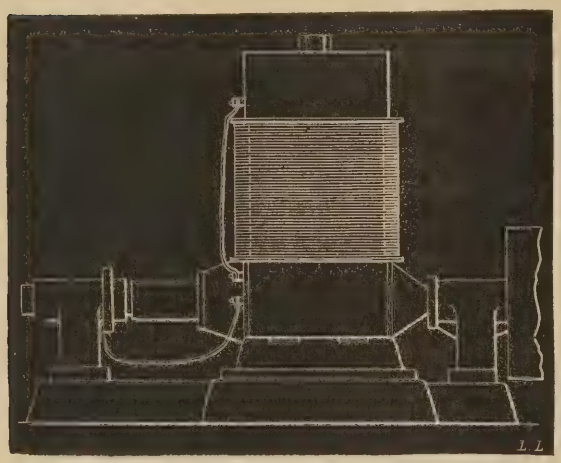
Les pièces polaires sont alésées pour recevoir l'induit, la distance de leurs extrémités correspond à un angle de 51 degrés au centre.

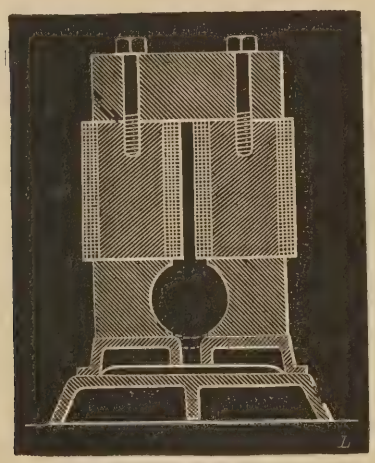
Les principales dimensions de la machine sont indiquées dans la table ci-dessous :

	Centimètres
Longueur des noyaux	45,7
Largeur des noyaux	22,1
Epaisseur des noyaux	44,45
Longueur de la culasse	61,6
Largeur de la culasse	48,3
Epaisseur de la culasse	23,2
Distance entre les axes des noyaux	38,1
Diamètre de la cavité des pièces polaires	27,5
Epaisseur des pièces polaires	25,4
Longueur des pièces polaires mesurée parallèlement à l'axe	48,3

Distance entre les extrémités des pièces polaires..... 12,7

L'âme de l'induit est formée de 1000 disques





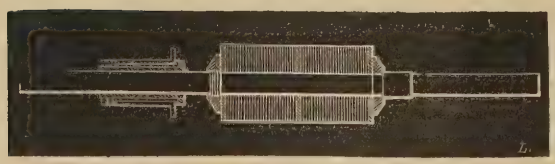


Fig. 5, 6 et 7.

de fer, isolés les uns des autres par des feuilles de papier, et fixées entre deux plaques terminales. Ces disques sont découpés dans de la tôle de fer doux ayant probablement la même perméabilité que les noyaux des électros.

L'axe est en acier Bessemer, et isolé de l'âme.

	Centimètres
Diamètre extérieur de l'âme.....	24,5
Diamètre intérieur des disques..	7,62
Longueur de l'âme.....	50,8
Diamètre de l'arbre.....	6,985

L'induit est muni d'un enroulement Hefner, von Alteneck de 40 bobines, consistant chacune en 16 fils de 1,753 millimètre de diamètre ; les bobines sont placées en deux couches de 20 chacune.

Le commutateur est formé de 40 barres de cuivre isolées au mica. Le plan de commutation est horizontal quand la machine marche à vide.

Cette dynamo est calculée pour une puissance de 320 ampères à 103 volts avec une vitesse de 750 tours à la minute.

La résistance de l'armature mesurée entre deux barres opposées du commutateur est de 0,009947 ohm, et celle des électros de 16,43 ohms à 13,5 degrés.

Nous pouvons maintenant estimer les diverses longueurs et sections nécessaires pour notre synthèse de la caractéristique.

A_1 se calcule en déduisant 3,4 centimètre de la longueur de l'âme du noyau de l'armature, pour l'isolant, on trouve comme section 810 centimètres carrés.

l_1 a été admis égal à 13 centimètres, soit un peu plus que la plus courte distance entre les pièces polaires.

A_2. L'angle sous tendu par les surfaces courbes des pièces polaires est de 119 degrés, et la longueur dans le sens de l'axe de 48,3 centimètres, on en déduit par la surface cylindrique moyenne, ou pour A_2, 1410 centimètres carrés.

C'est cette valeur qui a servi pour les tracés de la courbe de la figure 1, tandis que pour la fig. 4, on a ajouté 190 centimètres carrés, pour tenir compte de l'extension du champ en dehors des pièces polaires, ce qui revient à admettre que le champ s'étend sur une distance égale à 0,8 de l'entrefer.

l_2 est égal à 1,5 c. m. ;

A_3 est affecté d'une légère incertitude, on a admis 980 c. m.^{2} ;

l_3 = 91,4 cms ;

A_4 = 1120 cms^2 ;

Fig. 8.

l_4 = 49 cms (mesuré comme l'indique la fig. 8);

$A_3 = 1230$ cms²;
$l_3 = 11$ cms,

Le rapport ν a été déterminé expérimentalement comme nous le verrons plus bas, et sa valeur a été trouvée égale à 1,32 ; lorsque le courant d'excitation est supérieur à 5,62 ampères, sa valeur doit être un peu plus forte.

Pour déterminer la fonction f (B), l'auteur admet que les propriétés du fer de sa machine sont les mêmes que celles de l'échantillon étudié par lui à une autre occasion (¹).

Ces données posées, les courbes des fig. 1 et 4 s'expliquent d'elles mêmes, les abscisses donnent en chaque cas, l'intégrale de la force magnétique (la différence de potentiel magnétique) le long de la partie considérée du circuit magnétique, correspondant à l'ordonnée, qui représente le flux total d'induction qui traverse l'armature.

La caractéristique calculée donne alors la relation entre la force magnétique totale (différence de potentiel magnétique égal à $4 \pi n i$) et le flux total d'induction dans l'armature.

Les résultats de l'observation directe sont aussi indiqués sur la figure.

Les valeurs de l'induction (mesurée au moyen de la force électromotrice en circuit ouvert) obtenues avec des excitations croissantes sont marquées par les points +, tandis que les points correspondant à des forces magnétiques décroissantes sont indiqués par le signe + entouré d'un cercle (²).

La mesure des courants dans les bobines des électros, et celle de la différence de potentiel aux balais, à circuit ouvert, ont été faites avec un galvanomètre gradué de Sir W. Thomson.

Les irrégularités des observations sont dues à des variations de la vitesse de la machine, la régulation du moteur n'étant pas parfaite.

Les diagrammes relatifs à la formule complétée et rectifiée (fig. 4), montrent que l'accord est presque complet entre la courbe relevée directement par l'expérience et la courbe construite, comme on devait s'y attendre.

L'écart qui a lieu pour les forces magnétisantes intenses, est dû probablement à trois causes différentes : l'augmentation du rapport ν avec la saturation relative; l'incertitude dans la valeur de A_3, et enfin à une différence entre la qualité du fer de la machine, et celle de l'échantillon étudié.

Il est intéressant de noter que la théorie indique, et faisait prévenir clairement la différence qu'il y a entre les caractéristiques ascendant et descendant d'une dynamo.

L'étude du diagramme montre, en outre, que les proportions de cette machine sont à peu près parfaites au point de vue magnétique.

L'âme de l'induit pourrait être diminuée un peu sans désavantage, en augmentant le vide intérieur, mais d'une faible quantité.

Une réduction de la section des électros serait très défavorable, on pourrait même augmenter cette dimension avec avantage.

Une augmentation de la longueur des électros serait absolument nuisible; en outre, il n'y aurait qu'un faible avantage à augmenter l'excitation à partir du point où la perméabilité du fer des noyaux commence à diminuer rapidement.

Pour du fer de la même qualité que celui de cette machine, une force magnétisante de $2,6 \times 10^3$ (différence de potentiel) ou de 28,4 (2600 : 91,4) par centimètre (force magnétique), convient parfaitement.

Le diagramme montre que pour produire la même induction dans les autres parties du circuit (magnétique), il faut une force magnétisante de 21×10^3 pour l'entrefer, de $0,1 \times 10^3$ pour les pièces polaires, de $0,2 \times 10^3$ pour l'armature, et de $0,6 \times 10^3$ pour la culasse, soit en tout, une force magnétisante totale de $24,5 \times 10^3$.

Un changement quelconque dans la longueur ou la section d'une partie du circuit, entraîne naturellement une variation de la force magnétique nécessaire à l'aimantation de cette partie, que l'on peut déduire immédiatement du diagramme.

Des machines semblables exigent des forces magnétisantes proportionnelles aux dimensions linéaires (¹), et par conséquent, si la force électromotrice de la machine reste la même, le diamètre des fils des électros doit être proportionnel aux dimensions linéaires. *(A suivre).*

(¹) C'est l'échantillon de fer doux dont il est question dans notre article de *La Lumière Électrique* (n° 7, 1887, p. 321. fig. 3. Voir pour l'original, *Phil Trans*, 1885. vol. 176, p. 455.

(²) La figure montre bien la variation de la force électromotrice pour un même courant d'excitation, suivant que celle-ci est croissante ou décroissante. On peut rapprocher avec intérêt cette étude de MM. Hopkinson, et en général tout ce que nous avons dit sur l'*hystérésis*, dans notre article précité, de l'observation qui forme le fond de la note de MM. Colardeau et Truchot; *La Lumière Electrique*, 1886, v. 4, p. 491. M.

(¹) L'auteur suppose implicitement, comme cela est rationnel de le faire, que l'induction reste la même. M.

RECHERCHES

SUR L'ÉLECTROLYSE[1]

LOIS RELATIVES AU RENDEMENT

Les lois du *rendement*, telles qu'elles ont été énoncées dans l'article précédent, se rapportent à un système électrique simple, formé, comme l'indique la figure, d'une source d'électricité P et d'un seul appareil récepteur V non shunté, c'est-à-dire traversé par la totalité du courant.

Nous reviendrons plus tard à l'étude de quelques dispositions particulières, de celles, par exemple, où l'électrolyte considéré est en dérivation, sott avec une ou plusieurs résistances connues, soit avec divers appareils qui seraient le siège de force contre-électromotrice (électrolytes, piles, machines dynamo-électriques). Nous parlerons aussi du cas où la source est composée de plusieurs générateurs en dérivation ou en série.

Ces exemples touchent plutôt au problème général du transport et de la distribution de l'énergie qu'à l'électrolyse proprement dite.

Dans les applications de l'électrolyse à l'industrie, le système électrique employé le plus souvent est un système simple : La force électromotrice du générateur est constante, la résistance des circuits interpolaires BA, CD peut être considérée comme nulle, la composition de l'électrolyte restant la même pendant tout le temps de l'opération, la force contre-électromotrice est aussi constante.

On emploie quelquefois plusieurs appareils récepteurs disposés en tension ou en série, mais autant que possible identiques entr'eux ; on peut dès lors les considérer comme formant un appareil électrolytique unique, dont la force électromotrice et la résistance intérieure seront déterminées par le calcul et dépendront du mode de groupage de tous les appareils.

Les lois relatives au rendement seront applicables à un système de cette sorte.

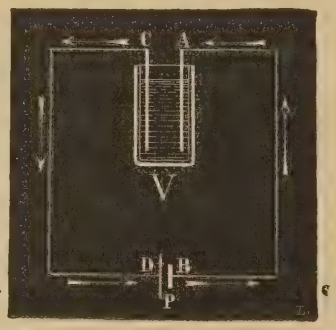
Première loi. — *Le rendement d'un système électrique est égal au rapport entre la force électromotrice de l'appareil récepteur qui produit le travail utile et la force électromotrice du générateur.*

Soient :

E, la force électromotrice totale du système, c'est-à-dire la force électromotrice correspondant à la réaction électrolytique de la source, proportionnelle à la quantité d'énergie développée par cette réaction.

e, la force contre-électromotrice correspondant à la réaction électrolytique du récepteur, proportionnelle à la quantité d'énergie absorbée par cette réaction ;

ε, la différence de potentiel en AC ou BD, puisque la résistance des conducteurs BA, CD



est nulle par hypothèse, ce qui du reste est sensiblement réalisé en pratique ;

ρ la résistance de la source ;

r celle de l'électrolyte ;

I l'intensité du courant.

Nous avons dit qu'on donne le nom de *rendement* d'un système électrique au rappport entre le *travail utilisable* T_u, qui est accompli par l'électrolyte ou plus généralement par l'appareil récepteur, et le *travail total* T produit par le courant dans tout le système.

Nous savons que ce dernier est équivalent à la quantité d'énergie développée par la réaction électrolytique de la source.

Nous avons, pour l'expression mathématique de l'économie du système électrique, pris comme exemple, d'après les lois relatives aux travaux :

$$\frac{EI}{g} = \frac{(\rho + r)\, I^2}{g} + \frac{e\, I}{g} \qquad (1)$$

Le premier terme du second membre représente

[1] Voir *La Lumière Électrique* du 12 février 1887.

le *travail perdu* en chaleur dans tout le système.

Nous pouvons écrire les identités

$$T = \frac{E\,I}{g} \qquad T_u = = \frac{e\,I}{g}$$

d'où, pour l'équation donnant la valeur du rendement proprement dit ψ du système :

$$(2) \qquad \psi = \frac{T_u}{T} = \frac{e}{E}$$

La première loi se déduit immédiatement de la définition même du rendement.

De la détermination de la différence de potentiel en fonction des résistances et des forces électromotrices du système.

Avant de passer à la démonstration de la *seconde loi*, il me paraît intéressant d'indiquer les différentes formes sous lesquelles peuvent être exprimés les éléments qui constituent le système électrique considéré.

Je crois nouvelle celle qui donne la valeur de la *différence de potentiel.*

Si l'on suppose connues les résistances ρ et r, les forces électromotrices E e et la différence de potentiel ε, l'intensité I peut être calculée en fonction de ces quantités au moyen des trois équations suivantes :

$$(3) \qquad I = \frac{E - \varepsilon}{\rho}$$

$$(4) \qquad I = \frac{\varepsilon - e}{r}$$

$$(5) \qquad I = \frac{E - e}{r + \rho}$$

Nous supposons que les résistances en B A et C D sont nulles.

Donnons à celles-ci une valeur appréciable et égale à r_1.

Soient alors :

ε_1 la différence de potentiel en A C ;

ε la différence de potentiel en B D.

Nous aurons quatre nouvelles expressions de l'intensité du courant :

$$(6) \qquad I = \frac{E - \varepsilon}{\rho}$$

$$(7) \qquad I = \frac{\varepsilon - \varepsilon_1}{r_1}$$

$$(8) \qquad I = \frac{\varepsilon_1 - e}{r}$$

$$(9) \qquad I = \frac{E - e}{\rho + r + r_1}$$

Passons maintenant à la détermination de la différence de potentiel en fonction de la force électromotrice et de la résistance du générateur et du récepteur; nous supposerons nulle la résistance des circuits interpolaires, ou pour rendre le cas plus général, nous la supposerons comprise dans la résistance intérieure du générateur ρ.

On peut écrire successivement :

$$E = \varepsilon + \rho\,I$$

$$I = \frac{\varepsilon - e}{r}$$

d'où

$$E = \varepsilon + \rho\left(\frac{\varepsilon - e}{r}\right)$$

$$E + \frac{\rho}{r}\,e = \varepsilon\left(\frac{\rho + r}{r}\right)$$

et finalement :

$$(10) \qquad \varepsilon = \frac{r}{\rho + r}\,E + \frac{\rho}{\rho + r}\,e$$

Faisons :

$$\frac{r}{r + \rho} = K \qquad \frac{\rho}{r + \rho} = K'$$

L'équation (10) peut être mise sous la forme générale :

$$\varepsilon = K\,E + K'\,e$$

Remarquons que la somme des coefficients K K' est égale à l'unité.

Nous avons évidemment :

$$\frac{r}{r + \rho} + \frac{\rho}{r + \rho} = 1$$

Si l'on suppose connues les résistances du gé-

nérateur et du récepteur, K et K′ pourront être immédiatement déterminées et l'expression (10) donnera toujours la valeur de la différence de potentiel ε, quelles que soient les valeurs de E et e.

Comment interpréter le cas où la valeur de e serait plus grande que celle de E? Le récepteur deviendrait générateur et *vice versa*, le courant changerait de sens, la différence de potentiel serait toujours exprimée par l'équation (10).

D'une relation entre le coefficient economique et le rendement.

Divisons tous les termes de l'expression (10) par E : nous aurons successivement :

$$\frac{\varepsilon}{E} = K + K' \frac{e}{E}$$

et

$$\varphi = K + K' \psi \tag{11}$$

c'est-à-dire une relation entre le *coefficient économique* φ de la source et le *rendement proprement dit* ψ du système.

Si nous remplaçons K et K′ par leurs valeurs

$$\varphi = \frac{r}{r+\rho} + \frac{\rho}{r+\rho}\psi$$

On voit que pour le cas où la résistance intérieure r du récepteur est nulle

$$\varphi = \psi$$

Le rendement du système est égale au coefficient économique et l'on peut écrire :

$$\varepsilon = e$$

Comme nous le disions dans l'article précédent, on voit que, dans ce cas, le travail utile maximum correspond au travail maximum total pour le circuit extérieur et lui est égal.

Il serait intéressant d'établir l'équation déterminant la différence de potentiel aux bornes de la source en fonction des résistances et des forces électromotrices d'un système électrique, qui comprendrait des générateurs et des récepteurs de divers sortes et d'étudier la variation de cette quantité avec les différents modes de groupage de ces appareils.

Cette étude trouvera sa place dans la théorie de la distribution de l'énergie, dont nous aurons à parler bientôt.

Deuxième loi. — *Pour un système électrique simple*, d'une résistance donnée et invariable, *le travail utilisable est maximum, lorsque la force électromotrice du récepteur est moitié de la force électomotrice du générateur.*

Si dans la formule qui détermine le travail utile T_u

$$T_u = \frac{e\,I}{g}$$

Nous remplaçons I par sa valeur

$$I = \frac{(E-e)}{\rho + r}$$

$\rho + r$ étant la résistance totale du système considéré, nous aurons pour la nouvelle expression de ce travail

$$T_m = \frac{e\,[E-e]}{g\,(\rho + r)}$$

Le travail utile sera maximum, la force électromotrice totale E et par suite la somme des facteurs (E — e) et e étant constantes, pour des valeurs égales de E — e et e, c'est-à-dire pour

$$e = \frac{E}{2}$$

Dans ce cas, comme l'a fait ressortir M. Mascart [1], nous pouvons écrire

$$I = \frac{E - \frac{E}{2}}{\rho + r}$$

d'où

$$I = \frac{E}{2\,(\rho + r)}$$

[1] *Journal de d'Almeida*, 1877.

L'intensité du courant qui correspond au travail utile maximum est moitié de celle du courant qui circulerait dans le système, si le récepteur n'était le siège d'aucune force électromotrice.

On peut se proposer de calculer également la valeur de la différence de potentiel pour le cas le plus général où la résistance extérieure du récepteur est égale à la résistance intérieure du générateur, celle des circuits interpolaires pouvant être considérée comme nulle.

L'expression (10) nous donne

$$\varepsilon = \frac{E}{2}$$

pour le cas où le récepteur, n'est le siège d'aucune force électromotrice, $e = o$, le travail dans le circuit extérieur étant alors maximum ; et

$$\varepsilon = \frac{3}{4} E$$

pour celui où le récepteur possède une force contre-électromotrice égale à la moitié de la force électromotrice totale, le travail utile étant maximum.

Troisième loi. — *Si l'on ne tient pas compte de la valeur absolue du travail utile, le rendement est indépendant de la résistance totale du circuit.*

Par valeur absolue du travail utile, nous entendons le travail accompli par le récepteur pendant une seconde.

Si l'on ne tient pas compte du *temps* pendant lequel le système est en fonctionnement, pour ne considérer que la somme des travaux produits utilement, la troisième loi prendra la forme suivante.

La somme des travaux utiles et le rendement sont indépendants de la résistance totale du système pour des forces électromotrices constantes.

Corollaires. — (*a*) *L'intensité du courant varie en raison inverse de la résistance totale.*

(*b*) *Le temps nécessaire à l'accomplissement d'un travail déterminé est proportionnel à la résistance totale du système.*

La troisième loi, telle qu'elle vient d'être énoncée, sous sa forme nouvelle, s'applique directement à tout système électrique ne comprenant que des appareils électrochimiques.

On peut admettre, en effet, que pendant tout le fonctionnement du système, les réactions électrolytiques de la source et de l'appareil récepteur restent identiques à elles-mêmes, quelle que soit l'intensité de circulation, ce qui a lieu du reste le plus souvent en pratique.

Or, nous savons que les forces électromotrices qui en résultent leur sont rigoureusement proportionnelles.

Le rapport de ces forces électromotrices restera invariable, quelle que soit l'intensité du courant qui, d'après la formule (9), est en raison inverse de la résistance totale du système.

Mais ce rapport étant l'expression du rendement même, on peut dire que celui-ci est *indépendant* de cette résistance.

Cette remarque a été faite pour la première fois par M. Marcel Deprez.

La somme des travaux C et c est donnée par les formules

$$T\theta = C = \frac{E I \theta}{g}$$

$$T_u \theta = c = \frac{e I \theta}{g}$$

Elles démontrent que, pour une une somme de travaux utiles donnée, la durée du fonctionnement varie en *raison inverse* de l'intensité du courant qui parcourt le système et, par suite, *proportionnellement* à la résistance totale du système ; comme il avait été énoncé dans la proposition (*b*).

La troisième loi s'applique également aux machines dynamo-électriques ; mais pour cette application il est nécessaire de faire quelques hypothèses sur les conditions mêmes du fonctionnement des machines, et de donner à celles-ci certaines dispositions, dont nous avons parlé déjà et sur lesquelles nous reviendrons prochainement.

A. Minet

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur l'électrolyse des solutions alcalines, par M. Duter (1).

En électrolysant des solutions aqueuses de potasse, de soude, de baryte ou de chaux, j'ai observé que le volume de l'oxygène dégagé sur l'électrode positive était notablement moindre que la moitié de celui de l'hydrogène dégagé sur l'électrode négative.

En prenant pour électrode positive une large lame de platine, et pour électrode négative un fil fin de platine, je suis arrivé à obtenir comme résultat de l'électrolyse, un volume d'oxygène seulement, pour quatre volumes d'hydrogène, de sorte qu'il ne se dégageait que la moitié de l'oxygène que l'électrolyse de l'eau aurait dû mettre en liberté.

J'ai pensé que l'oxygène qui ne se dégageait pas s'était fixé sur l'électrolyte, en donnant un composé suroxygéné; pour vérifier cette prévision, j'ai procédé à l'électrolyse de solutions alcalines de potasse, de soude, de baryte et de chaux dans les conditions qui m'ont paru les plus favorables à l'absorption de l'oxygène, c'est-à-dire que j'ai employé des solutions faibles en alcali et traversées par des courants peu denses; la grande électrode avait une surface de 144 centimètres carrés et le courant 3/100 d'ampère. Dans ces conditions, le dégagement d'oxygène sur l'électrode positive était très peu sensible; j'ai laissé l'électrolyse se produire pendant plusieurs jours.

J'ai d'ailleurs eu soin de séparer, au moyen d'un vase poreux, les liquides qui entouraient chacun des deux pôles. Au bout de plusieurs jours, j'ai retiré le liquide qui se trouvait autour du pôle positif et, l'ayant placé dans un appareil analogue à celui qui sert à recueillir les gaz dissous dans l'eau, je l'ai chauffé peu à peu jusqu'à le porter à l'ébullition.

Il s'est alors dégagé de l'oxygène du liquide chauffé, dans la proportion de 1/15 environ; cette proportion n'a pas sensiblement varié avec la nature de l'alcali ni avec son degré de concentration; elle est bien supérieure à celle que donnerait une simple dissolution d'oxygène, qui est encore moins soluble dans les solutions alcalines que dans l'eau pure.

Il s'est donc formé un composé suroxygéné; en prolongeant la durée de l'électrolyse, j'avais espéré former ce composé en assez grande abondance pour essayer d'en connaître la nature; mais, à ce point de vue, l'expérience ne m'a pas jusqu'à présent donné de résultat : la proportion d'oxygène absorbé n'augmente plus au bout de deux ou trois jours, et l'oxygène, qui paraît absorbé, disparaît par diffusion.

Il se peut qu'il se soit formé de petites quantités des combinaisons aujourd'hui connues de l'eau oxygénée avec les alcalis, combinaisons très peu stables et que des élévations de température détruisent rapidement; mais il est impossible d'expliquer, par la formation de ces composés, la fixation de la totalité de l'oxygène absorbé; en effet, si, après que le liquide soumis à l'action de la chaleur seule a cessé de dégager de l'oxygène, on l'additionne d'un acide quelconque en proportion telle qu'il devienne légèrement acide, d'alcalin qu'il était, et si on le chauffe de nouveau, il dégage toujours une nouvelle quantité d'oxygène, faible il est vrai, mais qui est environ le quart de l'oxygène dégagé par l'action de la chaleur seule.

Il semble donc qu'il s'est formé, dans l'électrolyse des solutions alcalines, de petites proportions d'un composé suroxygéné, qui s'est combiné à l'alcali, de telle sorte qu'il ne peut être mis en liberté par l'ébullition, mais seulement par un acide.

Ce composé pourrait être un peroxyde d'hydrogène, par l'existence duquel M. Berthelot explique diverses réactions, parmi lesquelles il remarque surtout celle du permanganate de potasse sur l'eau oxygénée (1).

(1) Note présentée à l'Académie des Sciences, le 7 février 1887, par M. Lippmann.

Sur la durée de l'étincelle d'ouverture d'une bobine d'induction, par C. Hünlich (2).

Dans ce travail, l'auteur s'est proposé de déterminer la durée de l'étincelle de rupture dans les conditions qui se présentent ordinairement dans

(1) Ce travail a été effectué au laboratoire de Recherches physiques de la Sorbonne.

(2) *Annales de Wiedemann*, vol. XXX, p. 343

les travaux pratiques de la physique ou dans l'emploi de certains instruments, des appareils enregistreurs entr'autres. Aussi s'est-il borné à déterminer la loi de la variation de la durée de l'étincelle avec l'intensité du courant, sans tenir compte de l'intensité de l'extra-courant de rupture qui s'ajoute à celle-là.

L'étincelle de rupture était produite à l'aide d'un appareil spécial (fig. 1), qui se compose de quatre parties distinctes, savoir :

1° Un interrupteur de courant A ;

2° Une masse oscillante B qui rompt le circuit avec une vitesse plus ou moins grande, dépendant de l'amplitude de son oscillation ;

3° Un électro-aimant C qui déclanche le pendule au temps voulu ;

4° Un système d'arrêt D des oscillations du pendule.

Les trois pièces A, C, D sont mobiles dans des rainures, afin de faciliter le réglage.

L'étincelle de rupture est produite par la séparation de deux tiges cylindriques A et A', de 2 millimètres de diamètre, dont l'une, A est mobile dans une glissière D_1 D_2 et l'autre est formée simplement par l'extrémité d'une vis fixée sur la pièce F ; celle-ci porte, en outre, une des bornes de l'appareil.

Lorsque le pendule oscille de C en D, il saisit la tige A par un renflement conique qu'elle porte, et l'entraîne en rompant ainsi le contact entre A et A'. Un ressort D empêche la tige de revenir en arrière ; d'autre part, le ressort en spirale B' presse la tige A contre la vis A', lorsqu'elles sont en contact, et sert en même temps à conduire le courant du massif C_2 dans la tige A. Ces deux ressorts peuvent être réglés à volonté en déplaçant les pièces B et C_2.

Le pendule H oscille autour de l'axe du cylindre I ; la masse du pendule consiste en un double tronc de cône H, portant trois renflements annulaires W_1, W_2, W_3 ; les deux premiers servent à arrêter le pendule en D et en C, et W_3 à entraîner la tige A.

La pièce d'arrêt D se compose de deux ressorts F_1 et F_2 qui servent d'arrêt pour les grandes ou les petites élongations.

Le pendule est déclanché à l'aide de la partie C de l'appareil. Les deux électro-aimants E E auxquels le courant arrive par les bornes T T, ont une armature de section quadrangulaire P, qui s'engage à travers des entailles dans leurs noyaux prolongés extérieurement. Cette armature est mobile autour d'un axe fixé dans l'entaille Q et elle porte à son extrémité inférieure une came M qui arrête le pendule par l'anneau W_3 ; K est un ressort de réglage ; sous l'influence du courant,

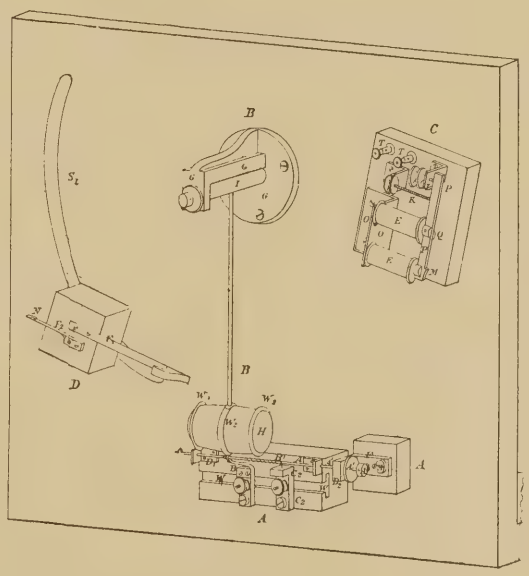


Fig. 1

l'armature est attirée et la came M abandonne le pendule à l'influence de la pesanteur.

La durée de l'étincelle est mesurée à l'aide d'un miroir tournant mu par un mouvement d'horlogerie ; afin que l'étincelle d'induction éclate juste au moment où le miroir est dans la position pour laquelle cette image est renvoyée dans la lunette d'observation, le courant de l'électro-aimant E est fermé automatiquement par l'appareil de rotation du miroir.

La longueur de l'étincelle s'estimait à un millimètre près, au moyen d'une échelle, dont l'image était projetée sur celle de l'étincelle.

L étant la longueur moyenne de l'étincelle, *r* la distance du contact de rupture au miroir, *n* le

nombre de tours par minute; le temps τ qui correspond à une longueur de l'étincelle égale à 1 millimètre est :

$$\tau = \frac{60}{n} \cdot \frac{1}{4 \pi r} \text{ seconde}$$

Dans les mesures on a utilisé deux valeurs de r qui donnent à cette formule les valeurs numéques suivantes :

$$\tau_1 = 0{,}004587 \cdot \frac{1}{n}$$

$$\tau_2 = 0{,}004547 \cdot \frac{1}{n}$$

La durée de l'étincelle de longueur L est alors:

$$t = L . \tau$$

C'est ainsi qu'ont été obtenus tous les résultats indiqués. L'auteur a employé une bobine d'induction de Stovehrer donnant des étincelles secondaires de 6 centimètres et une autre bobine d'induction très grande. On a étudié la durée de l'étincelle avec des contacts d'acier, d'argent, d'aluminium, de cuivre, de platine et de mercure, en employant trois vitesses différentes du pendule interrupteur, correspondant à des déplacements latéraux de la masse H de 19, de 64 et de 238 millimètres.

L'auteur arrive aux conclusions suivantes : Si l'on porte comme abscisses les intensités du courant et comme ordonnées les durées de l'étincelle correspondante, on obtient approximativement des lignes droites ; mais la durée de l'étincelle n'étant mesurable qu'à partir d'une certaine valeur du courant, la valeur o de cette durée n'a qu'une valeur relative.

L'influence de la vitesse de rupture est très faible pour les courants peu intenses ; elle augmente cependant avec l'intensité du courant, dans ce sens que la durée de l'étincelle est d'autant plus faible que la rupture du courant s'effectue plus rapidement.

L'emploi du condensateur dans la grande bobine d'induction a pour résultat de diminuer la durée de l'étincelle.

Le tableau ci-dessous donne la plus petite et la plus grande durée de l'étincelle observée, pour la plupart des métaux étudiés, en employant la plus petite et la plus grande vitesse d'interruption. Ces résultats se rapportent à la petite bobine d'induction.

Nature du contact	Intensité du courant en ampères	n	L en millimètres	$10^5\ t$	Vitesse d'interruption
Acier	6.73	22.67	28.5	575	Faible
»	2.185	23.00	5.1	103	—
»	7.38	22.67	22.2	448	Grande
»	1.387	22.67	1.1	22	—
Zinc	4.199	23.00	21.6	427	Faible
»	1.337	23.00	1.0	20	—
»	3.810	23.00	7.3	144	Grande
»	1.337	23.00	0.0	0	—
Argent	5.707	23.00	21.2	419	Faible
»	1.883	23.00	0.00	0	—
»	5.00	23.00	7.5	149	Grande
»	1.883	23.00	1.0	20	—
Platine	6.658	23.00	12.1	239	Faible
»	2.224	23.00	0.0	0	—
»	6.658	23.00	6.4	127	Grande
»	4.272	23.00	1.2	24	—
Mercure	6.245	23.00	21.6	415	Faible
»	1.836	23.00	1.9	37	—

Il résulte, en général, de toutes ces mesures, que l'acier et le cuivre se comportent de la même manière ; le zinc plus facilement oxydable donne dans les mêmes conditions de plus longues étincelles, l'argent par contre de plus courtes. Le platine fournit les étincelles les plus courtes.

En observant dans le miroir tournant l'étincelle de rupture du courant primaire et celle du circuit secondaire, on a trouvé que cette dernière ne se forme que lorsque la première a cessé, c'est-à-dire lorsque le circuit primaire est complètement interrompu.

L'auteur a, en outre, fait la remarque intéressante qu'il suffit d'enduire les contacts métalliques avec du pétrole pour réduire à zéro la durée de l'étincelle primaire ou tout au moins pour la

diminuer d'une manière notable. Cependant cette action du pétrole n'est pas aussi marquée pour les contacts en platine, argent et zinc, que pour ceux en cuivre ou en acier.

Dr A. P.

Recherches sur les décharges d'électricité statique, par K. Wesendonk (1).

Cette étude porte surtout sur les différences polaires des deux fluides électriques dans les décharges d'électricité statique, s'effectuant entre des électrodes de forme et de natures différentes.

L'auteur a recherché quelles pouvaient être, les variations produites dans la forme et les conditions de la décharge, par l'échauffement de l'une des électrodes. Celle qui devait être portée à l'incandescence était formée par une petite boucle en fil de platine iridié de 0,4 m. m. de diamètre; ses deux extrémités étaient reliées par un fil de cuivre de grosse section à une batterie d'éléments Bunsen. L'autre électrode était formée par un disque métallique de 250 millimètres de diamètre. Les deux électrodes étaient reliées alternativement avec les pôles d'une machine de Holtz.

A l'aide de cette disposition, l'auteur étudie successivement les conditions dans lesquelles la décharge a lieu, et la forme que l'étincelle prend suivant que le pôle positif ou le pôle négatif de la machine de Holtz sont en communication avec l'électrode froide ou avec l'électrode chauffée. Les variations de la forme de la décharge, ainsi que de son intensité, sont très sensibles et très intéressantes.

En mesurant avec un électromètre spécial, le potentiel des deux électrodes pendant la décharge, M. Wesendonk a trouvé qu'il baisse d'une façon très appréciable, mais de quantités égales sur les deux électrodes, lorsque l'une d'elles est chauffée au rouge. Par contre, la quantité d'électricité qui passe dans la décharge est indépendante de la température des électrodes.

La résistance à la décharge explosive diminue en chauffant l'une des électrodes, et les étincelles sont plus nombreuses et mieux fournies. L'auteur étudie en outre l'influence d'une plaque isolante placée entre les deux électrodes, et discute les résultats obtenus sur ce point par les physiciens qui se sont occupés de cette question.

Dr A. P.

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. XXX, p. 1.

Recherches expérimentales sur la lumière polarisée réfléchie par la surface équatoriale d'un aimant, par M. Auguste Righi (1)

CHAPITRE I

RÉSUMÉ DES TRAVAUX DE M. KERR ET DE M. KUNDT

1. *Expériences de Kerr.* — Après avoir étudié les phénomènes qui se produisent lors de la réflexion sur le pôle d'un aimant (2), j'ai abordé l'étude de ceux qui ont lieu lorsque le miroir d'acier est parallèle aux lignes de force du champ magnétique dans lequel il est placé. Mon travail sur ce sujet est tout à fait expérimental, n'ayant pas réussi, pour les raisons développées ailleurs, à trouver une théorie analogue à celle qui explique si bien les phénomènes de la réflexion sur le pôle, pour expliquer les nouveaux phénomènes.

Les premières recherches sur la réflexion produite par la surface latérale d'un aimant sont dues à M. Kerr (3). On peut résumer ses résultats de la manière suivante :

1° Si le plan d'incidence de la lumière est perpendiculaire aux lignes de force, on n'observe aucun changemeni sensible dans le rayon réfléchi, au moment de l'aimantation.

2° On n'obtient de même aucun changement, si le rayon tombe normalement sur le miroir.

3° Si l'incidence est oblique, et le plan d'incidence parallèle aux lignes de force, et si, après avoir donné au polariseur une des deux orientations principales (de manière que les vibrations sur le rayon incident soient ou parallèles ou perpendiculaires au plan d'incidence) et après avoir tourné l'analyseur jusqu'à l'extinclion, on ferme

(1) Mémoire présenté à l'Académie royale des Lincei, le 14 novembre 1886.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XXII, p. 611.

(3) *Phil. mag.*, p. 161, march 1878.

le circuit du courant aimantant, on voit apparaître de la lumière dans le champ de l'analyseur.

En tournant celui-ci, on peut réduire au minimum l'intensité de la lumière. Cette rotation de l'analyseur est de sens contraire au courant aimantant, le cas excepté où les vibrations incidentes sont dirigées dans le plan d'incidence, et l'incidence est comprise entre o et 75 degrés, dans lequel la rotation de l'analyseur qui rend minimum la lumière est de même sens que le courant.

4° Au lieu de compenser l'action du magnétisme en tournant l'analyseur, on peut rendre minimum l'intensité de la lumière apparue au moment de l'aimantation, en tournant le polariseur. La rotation est dans le sens du courant, excepté le cas de vibrations incidentes perpendiculaires au plan d'incidence, et d'une incidence comprise entre o et 75 degrés, car alors la rotation doit se faire en sens contraire du courant.

Vraiment M. Kerr énonce ses résultats d'une manière un peu différente. Comme il fit usage de faibles forces magnétiques et d'une lumière peu intense, les effets qu'il put observer furent très faibles, et l'on ne saurait assez l'admirer, pour avoir pu, même dans ces conditions, arriver à des résultats généralement exacts. Mais, en raison de la faiblesse des effets qu'il pouvait obtenir, il devait déplacer avant tout un des deux nicols d'un angle très petit et observer seulement si la faible lumière qu'il avait fait ainsi apparaître augmentait ou diminuait d'intensité, en fermant le circuit dans un sens déterminé ; par conséquent, au lieu d'exprimer ses résultats, par exemple en disant que la rotation de l'analyseur est généralement de sens contraire au courant, il dit qu'une petite rotation de l'analyseur, dans un sens donné, *conspire* en général avec l'action d'un courant de même sens, etc.

Il est nécessaire de bien s'entendre relativement aux sens des rotations des deux nicols, et à la direction du courant aimantant. Nous adopterons dans ce but les conventions mêmes de M. Kerr.

Soient S_1 S_2 la surface réfléchissante d'acier ou de fer, R_1 R_2 les bobines qui, parcourues par un courant, aimanteront S_1 S_2. Soient AB le rayon incident, BC le rayon réfléchi, N_1 le nicol polariseur, N_2 l'analyseur.

Nous supposerons toujours que nous observons la rotation de N_1 en nons plaçant en B et regardant de B vers A, et la rotation de N_2 en nous plaçant en C et regardant dans la direction CB. Enfin nous supposerons que nous observons le sens du courant en nous plaçant en O et regardant suivant la direction de l'axe des bobines.

Ces conventions sont les mêmes que j'ai adoptées dans un autre Mémoire [1] où, entre autres, j'ai étudié les phénomènes qui se produisent lorsque, à la place du miroir S_1 S_2, on met une lame transparente, qui réfléchit la lumière par sa deuxième surface. Cela rendra plus facile la comparaison qu'on devra faire entre les deux ordres de phénomènes.

Suivant M. Kerr, les rotations des deux nicols changent de sens à l'incidence principale (75 degrés environ), et, précisément, celle de l'analyseur lorsque les vibrations incidentes sont dans le plan d'incidence. et celle du polariseur lorsque les vibrations sont perpendiculaires au même plan. Dans les deux cas la rotation pour l'incidence de 75 degrés est zéro. Elle est nulle aussi lorsque l'incidence est o ou 90 degrés. Aux incidences intermédiaires les rotations varient en passant par des maxima. Suivant M. Kerr, un maximum a lieu toujours pour l'incidence de 60 degrés.

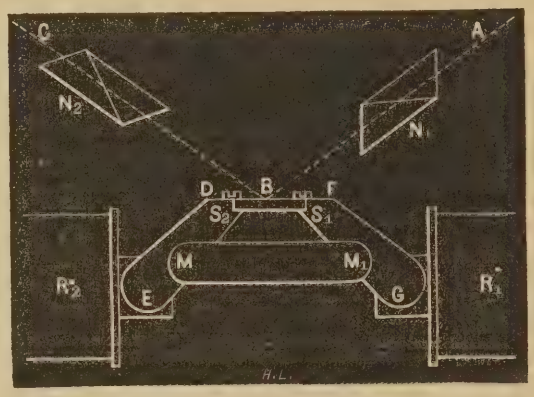


Fig. 1

2. *Expériences de M. Kundt.* — Kundt a fait aussi quelques expériences sur le sujet qui nous occupe. Ses résultats s'accordent en général avec ceux de M. Kerr, quant aux signes des rotations

[1] *Études sur la polarisation rotatoire magnétique* (*Mémorie della R. Accademia di Bologna* 1886-87).

de l'analyseur. De celles du polariseur M. Kundt ne s'est pas occupé.

L'inversion du sens de rotation de l'analyseur aurait lieu, suivant Kundt, entre 80 et 80 degrés d'incidence, et non à l'incidence de 75 dégrés.

Voulant chercher quelque explication des phénomènes de Kerr, M. Kundt fut amené à étudier les phénomènes qu'on obtient en substituant au miroir d'acier une lame de verre, et en recevant dans l'analyseur la lumière réfléchie par la deuxième surface de la lame. Suivant lui les phénomènes sont toujours analogues à ceux produits par le miroir magnétique, mais les rotations sont de sens contraire.

Bien que le fer et le verre agissent en même sens sur les vibrations transmises, pendant qu'ils agissent en sens contraire sur les vibrations réfléchies, Kundt croit q'on puisse expliquer les phénomènes de Kerr, par une pénétration de la lumière jusqu'à certaine profondeur lors de la réflexion sur le fer aimanté. Des expériences faites par moi avec des lames de verre s'accordent avec celles de M. Kundt, mais nous verrons plus bas jusqu'à quel point est ligitime l'assimilation des deux ordres de phénomènes.

CHAPITRE II

APPAREIL ET MESURES

3. *Description de l'appareil employe.* — A l'époque où je fis les expériences dont il s'agit ici, l'électro-aimant décrit dans le Mémoire cité au n° 1 était en construction. J'employai donc l'électro-aimant ordinaire de Ruhmkorff, et j'appliquai sur ses pôles des pièces de fer doux d'une forme particulière, dans le but de fixer solidement entre elles le miroir d'acier, et en même temps de pouvoir faire réfléchir la lumière sous toutes les incidences.

Aux pôles de l'électro-aimant je montai ces pièces bien connues de fer doux, ayant à la partie supérieure une face plane horizontale, qu'on emploie d'ordinaire pour montrer les phénomènes magnétiques ou diamagnétiques des liquides. Deux autres pièces de fer doux DE, FG, de la forme indiquée par la figure, furent fixées sur lesdites faces planes, au moyen de vis de pression. Ces deux pièces formaient corps avec une forte plaque de laiton M_1 M_2 soudée sur elles.

Comme le montre la figure, les extrémités D, F des deux pièces débordaient latéralement par rapport aux bobines et se terminaient par deux faces qui se trouvaient dans un même plan vertical, parallèle à l'axe des bobines. Le miroir S_1 S_2 était placé entre les pièces polaires, de manière que sa surface débordât à peine sur les faces D et F, et y était fixé au moyen de quatre vis de laiton à large tête.

De cette manière, au passage du courant dans les bobines le miroir s'aimante fortement, et sa face réfléchissante est parallèle à la direction de l'aimantation. On peut faire réfléchir sur elle la lumière sous toutes les incidences comprises entre 0 et 90 degrés, et l'on n'a pas à craindre le moindre déplacement du miroir, au moment où l'on ferme ou l'on ouvre le circuit.

Tout l'appareil fut placé sur une table circulaire graduée, qui pouvait tourner autour d'un axe vertical. La surface du miroir étant placée sensiblement sur le prolongement de l'axe de rotation de la table, on pouvait lire l'angle d'incidence sur la graduation. Un vernier donnait les fractions de degré.

Le polariseur était placé sur la pièce fixe qui portait le vernier. C'était un nicol qui pouvait tourner au centre d'un cercle vertical gradué. L'analyseur était placé sur une table indépendante du reste de l'appareil. C'était un nicol, suivi d'une petite lunette, avec laquelle il pouvait tourner au centre d'un autre cercle vertical. Les verniers des deux nicols donnaient les minutes.

Un verre rouge fut presque toujours placé dévant le polariseur. La lumière employée fut toujours celle du Solell, réfléchie dans une direction horizontale constante par un héliostat de Silbermann.

4. *Préparation des expériences.* — Pour bien placer les pièces de l'appareil, je suivis la méthode que je vais décrire.

Après avoir placé verticalement l'axe de rotation de la table tournante et après avoir donné au faisceau de rayons solaires une direction parfaitement horizontale [1], je déplaçai l'électro-aimant

[1] Le faisceau réfléchi par l'héliostat a été rendu parfaitement horizontal, au moyen d'une règle métallique longue de 1 mètre environ, qui portait à ses extrémités deux petites lames de laiton perpendiculaires à sa longueur, et percées d'ouvertures égales et également

sur la table jusqu'à ce que le miroir se trouvât sur le prolongement de l'axe de rotation, ce qui était facile à obtenir. Il fallait alors rendre bien vertical le miroir. Pour cela, je tournai la table jusqu'à ce que la lumière, sortie du polariseur et réfléchie par le miroir, allât éclairer, sur un diaphragme placé autour du polariseur, un point situé dans le même plan vertical que celui-ci. En introduisant des coins de bois sous le pied de l'électro-aimant il était alors facile de faire tomber la région éclairée sur l'ouverture même du polariseur. Cela fait, le miroir était certainement vertical, et au même moment l'incidence était assurément normale.

Comme le vernier n'était pas invariablement fixé, on le déplaçait alors jusqu'à ce que son zéro fût en regard du zéro de la graduation de la table. De cette manière l'angle d'iucidence pouvait se lire directement sur la graduation.

Après avoir ainsi mis en place l'électro-aimant, il fallait déterminer avec exactitude les orientations principales des deux nicols. Dans ce but, après avoir tourné la table jusqu'à ce que l'angle d'incidence des rayons sur le miroir fut de 60 degrés environ et avoir placé l'analyseur de manière a recevoir le rayon réfléchi et à voir nettement dans le champ de sa lunette la petite ouverture (3 millimètres) par laquelle la lumière sortait du polariseur, je tournai celui-ci de manière que sa section principale fût à peu près verticale ou horizontale, puis je tournai alternativement l'analyseur et le polariseur, de manière à réduire chaque fois au minimum l'intensité de l'image de l'ouverture. Je continuais ces rotations alternes jusqu'à ce que la lumière eût l'intensité la plus petite possible, et que cette faible intensité s'accrût au plus petit déplacement d'un quelconque des nicols dans un sens quelconque.

Comme le miroir après le passage du courant conservait un peu d'aimantation, il fallut répéter les opérations décrites aprés avoir envoyé dans les bobines un courant de direction contraire et de même intensité que le courant précédent. La position moyenne entre celles trouvées pour le polariseur à la fin des deux séries de rotations était celle qui donnait un rayon incident à vibrations verticales ou horizontales.

De même, l'orientation de l'analyseur moyenne entre celles auxquelles on était arrivé après les deux suites de rotations était celle pour laquelle sa section principale était horizontale ou verticale.

On voit que cette méthode, pour fixer les orientations principales des nicols, n'est que celle que j'ai employée autrefois (voir les deux Mémoires cités plus haut). Toutefois, dans le cas actuel, elle n'est pas justifiée *à priori*; mais l'ayant adoptée, j'en ai obtenu des résultats très réguliers. En tout cas, elle ne pouvait conduire à des erreurs graves, car les orientations trouvées pour chaque nicol avec les deux séries d'opérations ne diffèrent entre elles que d'environ 1'.

Les orientations principales du polariseur une fois déterminées pour l'incidence de 60 degrés sont valables évidemment pour toute autre incidence. Toutefois, j'ai préféré répéter les opérations décrites, lorsque je changeais l'incidence, pourvu que celle-ci ne fût ni trop petite ni trop grande; car, dans ces extrêmes, elles ne peuvent se faire avec précision suffisante.

Mais, même en connaissant les opérations principales du polariseur, il faut déterminer à nouveau celles de l'analyseur, lorsqu'on déplace son support. Dans ce but, ayant donné au polariseur une de ses orientations principales, j'envoyais dans les bobines des courants dans les deux directions, et chaque fois je tournais l'analyseur jusqu'au minimum. La moyenne des positions ainsi déterminées était évidemment celle qu'aurait donnée l'extinction si le miroir eût été sans aimantation.

Le verre rouge placé près du polariseur empêche les faibles colorations qui apparaissent avec la lumière blanche. En outre, les phénomènes sont plus marqués avec la lumière rouge, car ici encore on a une dispersion anomale.

Celle-ci fut constatée au moyen d'expériences faites avec des lnmières spectrales. Un prisme à vision directe était alors placé entre le polariseur et l'héliostat, qui était suivi d'une fente verticale.

Enfin, après avoir monté les douze couples Bunsen qui devaient fournir le courant aimantant, on attendait quelque temps avant de commencer les expériences, pour que l'intensité du courant fût devenue assez constante.

---

hautes sur la règle. Ayant placé celle-ci dans une position horizontale au moyen d'un niveau, on tournait le miroir de l'héliostat, de manière que le faisceau réfléchi traversât les deux ouvertures.

5. *Manière de faire les mesures.* — Une foi les deux nicols orientés, pour chaque valeur donnée à l'angle d'incidence, je mesurais avec la plus grande précision huit angles, c'est-à-dire :

a. L'angle ω_1 dont on doit tourner l'analyseur pour rendre minimum l'intensité de la lumière apparue en fermant le circuit, lorsque le polariseur donne les vibrations dirigées dans le plan d'incidence, et lorsque l'analyseur a initialement sa section principale dirigée verticalement, c'est-à-dire lorsqu'il a, avant la fermeture du courant, l'orientation qui, avec le miroir non aimanté, donnerait l'extinction;

b. L'angle ω_2 dont il faut tourner le polariseur pour rendre minimum la lumière apparue dans lee champ de l'analyseur, en partant des mêmes positions initiales des deux nicols;

c. L'angle ω'_1 dont il faut tourner l'analyseur pour arriver au minimum, lorsque les vibrations incidentes sont verticales et que l'analyseur a initialement sa section principale horizontale;

d. L'angle ω'_2 dont on doit tourner le polariseur pour arriver au minimum, en partant des mêmes positions initiales des nicoles que dans *c*.

e. L'angle α_0, et

f. L'angle α, desquels il faut tourner respectivement le polariseur et l'analyseur pour arriver à l'extinction, en partant des mêmes orientations initiales qu'en *a* et *b*;

g. L'angle β_0, et

h. L'angle β, analogues aux précédents, en partant des positions initiales des nicols comme en *c* et *d*;

Les angles α_0 et *a* s'obtiennent en tournant alternativement les deux nicols jusqu'au minimum, et en continuant jusqu'à ce que le plus petit déplacement d'un des nicols dans un sens quelconque produise augmentation dans l'intensité lumineuse.

De même pour β_0 et β.

Lorsqu'on est arrivé à ces orientations des deux nicols pour lesquelles tout déplacement de l'un d'eux fait augmenter l'intensité de la lumière, les vibrations incidentes sur le miroir ont une orientation telle, que le rayon réfléchi a des vibrations rectilignes au lieu d'être elliptiques.

Les derniers quatre angles ne peuvent s'obtenir avec assez d'exactitude qu'aux incidences moyennes. Aux petites et aux grandes incidences, lr mesure de ces angles est très difficile ou même impossible.

Comme on voit, les angles mesurés et la manière de faire les mesures sont identiques à ceux indiqués dans mes deux précédents Mémoires relatifs aux phénomènes de Kerr. Seulement alars je ne parlai explicitement des angles ω'_1 et ω'_2, qu'à l'occasion de mes premières expériences; car, en vertu de la loi de réciprocité, ces angles étaient respectivement égaux aux angles ω_2 et ω_1.

Comme alors, je note le double des angles ω_1, ω_2,... tel qu'on l'obtient par l'inversion du courant. Chaque nombre donné est la moyenne d'un grand nombre de mesures faites en changeant successivement le sens du courant.

On xoit enfin que les angles ω_1, ω_2, ω'_1, ω'_2 sont ceux dont M. Kerr a déterminé les signes avec ses expériences, et que ω_1, ω'_1 sont les angles qui seuls ont été mesurés par M. Kundt.

(*A suivre*)

Note sur l'effet des tensions sur la résistance électrique du carbone, par H. Tomlinson (1).

Nous avons publié dans le n° 39 de l'année dernière (2), les recherches du professeur Mendenhall, sur les variations de la résistance du charbon avec la pression, et dont les résultats, d'après lui, confirmaient les recherches antérieures de M. Tomlinson. Ce dernier n'accepte pas complètement cette solidarité, les variations indiquées par le professeur américain lui paraissant beaucoup plus considérables que celles qu'il trouve lui-même, et que l'extrême sensibilité de la méthode employée lui permettait seule de constater (3).

Il résulte des mesures effectuées par M. Tomlinson, qu'une pression de 1 gramme par centimètre carré, donne lieu à une diminution de pression de 0,000000 64 o/o seulement; si on admet la proportionnalité, il faudrait donc une pression de 1550 kilogr., par centimètre carré pour faire varier la résistance de 1 o/o. Or, la résistance à l'écrasement du charbon peut s'estimer, en admettant la proportionnalité des pressions d'écrasement aux modules d'élasticité, à environ 350 kil. par centimètre carré il s'en suit que, même en

(1) *Philosophical Magazine*, vol. 22, n° 138, p. 442, novembre 1886.

(2) *La Lumière Électrique*, 1886, vol. 3, p. 595.

(3) La méthode employée permettait de mesurer des variations de 1 : 100000.

allant jusqu'à la rupture, la variation de résistance ne serait que de 1/4 o/o.

En outre, M. Mendenhall a trouvé aussi une diminution de résistance pour des pressions transversales. M. Tomlinson n'a pas fait d'expérience à ce sujet, mais d'après ses recherches générales, il croit que l'on doit trouver, dans ce cas, une *augmentation* de résistance. D'une manière générale, l'auteur estime que ses expériences concordent davantage avec celles de MM. S. Thompson et W. Barret, qu'avec celles de M. Mendenhall.

En ce qui concerne le charbon tendre des pastilles d'Edison, M. Tomlinson rapproche du fait observé, de l'influence du temps sur la variation de résistance du conducteur soumis à des tensions, les phénomènes analogues observés par lui dans le cas de feuilles d'étain ou de zinc, soumises à des tensions transversales au courant. Ces deux métaux ont, comme on le sait, une élasticité très imparfaite (*viscosity*), et c'est probablement à cette propriété que sont dûes ces variations lentes dans les pastilles de charbon ; seulement, il faut remarquer qu'à côté des variations de résistances au contact qui, là encore, ont dû jouer un grand rôle, ces variations ne doivent pas être rapportées au charbon lui-même.

Ces pastilles sont formées, en effet, de noir de fumée imbibé d'eau gommée, et l'on peut supposer que les particules de carbone sont séparées les unes des autres par une couche de gomme ; la variation de résistance peut alors provenir des deux causes suivantes :

1° Diminution de la résistance de la couche de gomme ;

2° Etablissement d'un meilleur contact entre les particules de charbon.

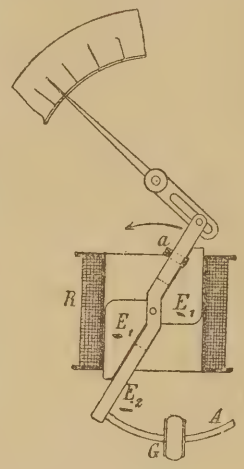
L'influence du temps dans les variations de la résistance, tendrait à faire supposer que l'effet est dû principalement à la première cause.

E. M.

Indicateur de courant de Hartmann et Braun (1).

Le petit appareil indiqué figure 1 et qui est destiné à servir, en général, d'indicateur de courant, mais qui, naturellement, peut être employé dans les buts les plus variés, constitue une application assez heureuse de l'action des noyaux aimantés.

D'après la figure, on comprend tout de suite le mode d'action de l'appareil ; le noyau est formé de deux pièces de fer doux, d'une forme particulière, et articulée entr'elles ; l'aimantation produite par le passage du courant les écarte l'une de

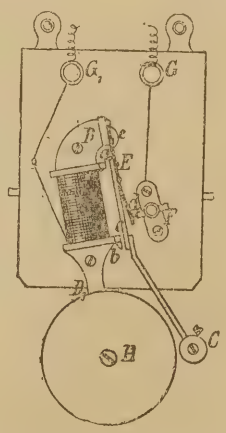


l'autre. On obtient ainsi une déviation angulaire, qu'une aiguille fixée à la partie mobile E_2 indique sur un cadran.

La force antagoniste est constituée par l'action du contre-poids G.

Sonnerie électrique trembleuse de Sledge et Slatter (1).

La disposition adoptée par les inventeurs pour leur type de sonnette est assez rationnelle, et on



doit obtenir, avec des appareils bien construits, des effets au moins aussi bons qu'avec n'importe lequel des innombrables modèles antérieurs.

Nous ne ferons pas à nos lecteurs l'injure d'en dire plus long, la figure nous dispensant de toute description.

(1) *Brevet allemand*, Cl. 21, n° 36,644.

(1) *Brevet anglais*, n° 9128.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

Une lampe a arc, a régulation pneumatique automatique. — M. Leibold, d'Aix-la-Chapelle,

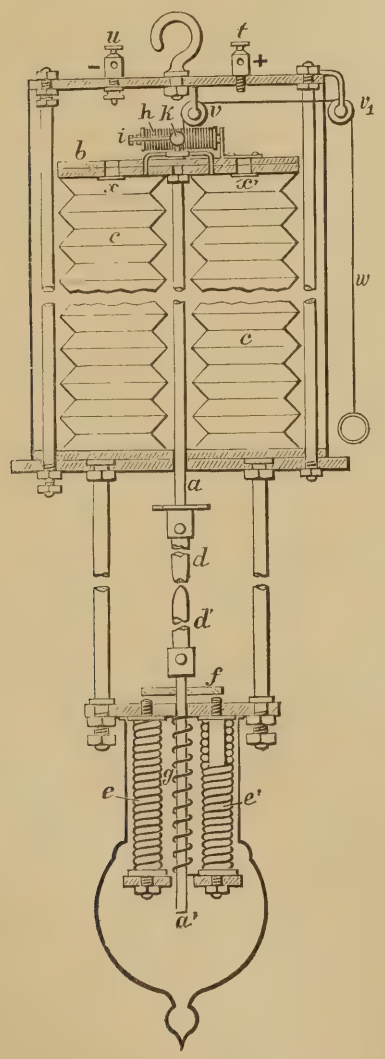


Fig. 1

a pris un brevet allemand pour une nouvelle lampe à arc, dans laquelle la régulation se fait d'une manière curieuse.

Le porte-charbon supérieur repose sur plusieurs compartiments remplis d'air. De temps en temps une partie de l'air s'échappe par une soupape, qui s'ouvre (pour une certaine distance entre les charbons) à l'aide d'un électro-aimant, dont l'action dépend de la résistance de l'air.

La figure 1 représente la construction de cette lampe. Le porte-charbon *a* du charbon supérieur positif est tenu par la plaque de fermeture *b* des deux réservoirs à air *c* et *c'* qui sont en cuir, et dont la construction est semblable à celle des soufflets.

Au porte-charbon *a'* du charbon inférieur *d'*,

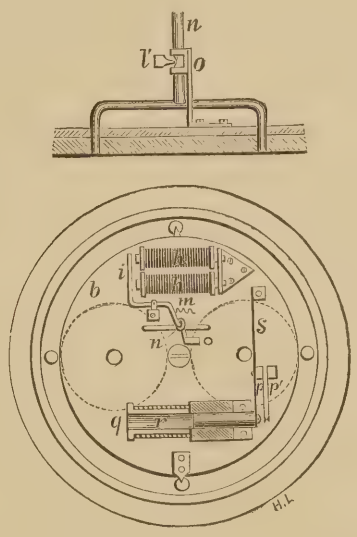


Fig. 2 et 3

est fixée l'armature *f*, de l'électro-aimant *e e*, dont les bobines sont intercalées dans le circuit principal ; *d'* est poussé de bas en haut par le ressort en spirale *g*.

L'électro-aimant *h h*, intercalé dans un circuit dérivé, possède une armature *i*, dont une des extrémités porte un levier coudé, mobile, autour du point *k*.

Ce levier d'angle comprime par un couteau, le passage d'air *n* des compartiments *c c*. La figure 2 montre cette disposition en détail ; *l'* est le tranchant qui se trouve à une extrémité du levier coudé *l*, et qui presse le petit tuyau de caoutchouc *n* contre *o*.

p et *p'* (fig. 3) sont des ressorts de contact, intercalés dans le circuit dérivé de l'électro-aimant *h h* ; *q* est un relais intercalé dans le circuit principal, et *r* un noyau de fer, rivé au ressort *s*.

Le courant entre par la borne *t* (fig. 1), passe à travers le bâtis de la lampe au porte-charbon supérieur *a*, puis à travers les charbons *d* et *d'*, dans la tige *a'* ; de là à travers l'électro-aimant *e e* à la borne *u*, qui est reliée avec le pôle négatif.

Au moment où le courant passe, l'armature *f* est vivement attirée par les noyaux de l'électro *e* et l'arc s'établit. Le courant dérivé passe de la plaque *b* (fig. 3), à travers les contacts *p p'* dans les bobines de l'électro *h*.

Si donc, l'usure des charbons ayant augmenté la résistanc de l'arc, et par suite la différence de potentiel aux bornes, l'électro *h*, plus fortement excité, attire son armature *i*, ce qui amène l'ouverture du conduit *n* et l'échappement d'une certaine quantité d'air, la base *b* s'abaisse donc un peu, et avec elle le charbon supérieur.

La fermeture du réservoir a lieu par la rupture du circuit de l'électro *h*, par suite de l'aspiration du noyau *r* par la bobine du relais *g*, lorsque le courant principal, qui traverse également cette bobine, tend à augmenter.

Le circuit de *h* est alors coupé, il ne se rétablit qu'au moment où, par suite de l'affaiblissement du courant principal, le noyau *r* sera ramené par le ressort *s*. A ce moment, l'échappement d'air recommencera. La régulation a ainsi lieu avec une uniformité parfaite.

Quand on renouvelle les charbons, on soulève les compartiments d'air *c c'* au moyen de la chaîne *w*, en soulevant la plaque de fermeture supérieure, et les compartiments se remplissent d'air, qui pénètre par les soupapes *x x'*.

Angleterre

Un parleur a aiguille. — M. A.-G. Gilbert,

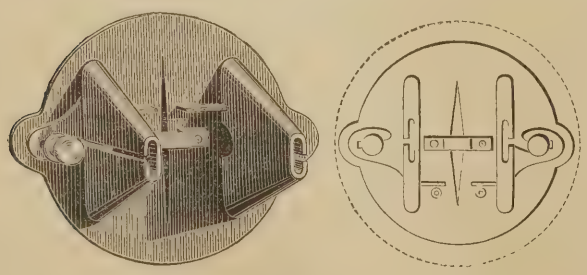


Fig. 1.

d'Invernes, en Écosse, a imaginé un appareil à aiguille qui remplit le rôle d'un parleur.

La figure 1 représente une vue de face du cadran qui est muni de deux timbres ou résonnateurs de la forme indiquée, et disposés de chaque côté de l'aiguille. En se déplaçant, cette dernière frappe l'un ou l'autre timbre, selon le sens de la déviation. Les timbres donnent des sons différents, ce qui permet de lire les signaux.

On voit sur la figure 2, comment les deux timbres sont fixés au cadran au moyen de vis de réglage ; on peut ainsi les régler de manière à les mettre à portée de l'aiguille. Il est à remarquer que l'aiguille ne frappe pas le timbre même, mais un bras métallique qui y est attaché.

La lumière électrique a l'exposition des indes et des colonies. — La commission de l'éclairage électrique de cette exposition, qui a été fermée au mois de novembre dernier, et ne sera pas rouverte cette année, comme on s'y attendait, vient de publier un rapport sur les dépenses entrainées par les installations placées sous sa surveillance.

Ces installations comprenaient (1) l'éclairage de l'intérieur des bâtiment, (2) celui des jardins, et (3) l'éclairage des fontaines.

En ce qui concerne la première, MM. Davy Paxmann et Cie ont fourni une force de près de 1000 chevaux pour actionner les dynamos, à raison de 1,5 pence par cheval et par heure. L'*Anglo Américan Brusch C°* a reçu pour ses foyers à arc, 5 pence par lampe et par heure. Les lampes de MM. R. E. Crompton et Cie ont été payées au même prix ; enfin, d'autres sociétés ont reçu diverses sommes pour des lampes fournies de sorte que le total s'élève à 363.078 fr.

Au commencement de l'exposition, au mois de mai, les arbres et parterres des jardins ainsi que les bâtiments environnants étaient éclairés avec 9624 lampes à incandescence, mais ce chiffre a été réduit plus tard à 8584, dont 8034 lampes de 5 bougies, 414 de 10 bougies et 136 de vingt. En dehors de ces lampes, on avait groupé 18 foyers à arc Brush au sommet de mâts en fer.

Les lampes à incandescence ont fourni 376 h. d'éclairage et les foyers à arc 403,5 heures, la dépense totale a été de 112.750 francs. Les travaux ont été exécutés par MM. Galloway fils, qui avaient entrepris l'éclairage des fontaines.

Ces dernières installations comprenaient seize grands foyers à arc demandant ensemble 200 ampères et 210 volts. L'éclairage a fonctionné 106 heures sur 212 soirées, il a coûté 49.338 francs.

Les lampes brisées par le public ont donné lieu à une dépense de 3.155 francs.

La somme totale dépensée pour l'éclairage électrique pendant la durée de l'Exposition, c'est-à-dire pendant un peu plus de six mois, était de 664.839 francs, mais ce chiffre ne comprend pas les appointements des employés, et les dépenses des bureaux, ni la valeur des installations déjà faites, des conducteurs par exemple, qui existaient déjà depuis les expositions antérieures.

Le rapport de la commission constate qu'en somme l'éclairage a été un succès : les quelques nterruptions momentanées qui ont eu lieu provenaient plutôt d'accidents arrivés aux dynamos que d'autres causes.

Quant à la distribution de la lumière, il y avait dans une partie de l'exposition, un foyer à arc pour 101 mètres carrés de surface, et dans une autre partie, on a compté une lampe à arc pour 413 mètres carrés. Dans la première, éclairée par la compagnie Brush, on dépensait 4,7 watts pour l'éclairage de chaque mètre carré de surface. D'autres moyennes de ce genre étaient de 5,6 watts par pied carré (MM. Crompton et Cie) et de 3,4 watts (Pilsen Joel et Cie).

Il résulte de ce rapport qu'il fallait, pour éclairer les bâtiments de l'Exposition, un cheval pour 93 mètres carrés de parquet dans les galeries spacieuses et encore plus pour les galeries étroites.

Quant à l'éclairage à incandescence de l'intérieur, le rapport constate qu'on a dépensé de 14 à 20 watts par pied carré ou en moyenne de 15 à 16 watts.

Il ressort encore du rapport qu'un grand nombre de lampes ne sont pas arrivées à la limite de 1000 heures d'éclairages. Les lampes qui ont duré le plus longtemps, sont les anciennes lampes Edison de 96 volts et celles de 100 volts de MM. Woodhouse et Rawson.

J. Munro.

Autriche

A la dernière réunion des physiciens à Berlin, dans le courant de l'automne 1886, on a présenté un microscope électrique, dont *La Lumière Électrique* a déjà dit quelques mots.

Cet instrument, qui provient des célèbres ateliers de S. Plœss et Cie de Vienne, a rendu dans l'enseignement d'excellents services au professeur Stricker, et à son assistant, le Dr Gaertner.

Une preuve de l'excellence de cet appareil : M. Gaertner a été invité, il y a deux ans, à en installer un semblable à Washington.

La figure 1 montre l'ensemble de l'instrument qui comprend en premier lieu le dispositif pour l'éclairage, et l'appareil optique.

L'éclairement a lieu au moyen d'une lampe à arc mise en activité par une machine dynamo, mue par un moteur de 6 chevaux. Le charbon positif a 22 millimètres de diamètre, tandis que le négatif n'a que 14 millimètres.

Le pouvoir éclairant de cette lampe peut atteindre 4000 bougies normales ; la régulation a lieu à la main.

Le régulateur (fig. 2) consiste en une vis, portant un double filet de sens contraires ; en outre, le pas de la vis supérieure est le double de celui de la vis inférieure.

Sur cette vis, se meuvent deux écrous *m m m'm'*, auxquels sont fixés les porte-charbons K et L.

Par suite de cette disposition, le charbon supérieur se déplace au moment de la régulation d'une quantité double, et il s'en suit que l'arc conserve toujours la même position.

Au moyen de la roue A, on produit la rotation de la vis, et en observant par la fenêtre F, munie d'un verre coloré (fig. 1), on peut maintenir un écartement normal de 8 millimètres des charbons.

La plus grande partie des rayons lumineux de la lampe est renvoyée par suite de la disposition des charbons, dans le système des lentilles L comme l'indique la flèche (fig. 3).

L'appareil porte en outre 3 vis de réglage. La vis B (fig. 1 et 2) permet une rotation de tout l'appareil d'éclairage, tandis que les vis D et C permettent des déplacements dans deux directions perpendiculaires.

Tout cet appareil se trouve renfermé dans une boîte en ébène (fig. 1) de 45 centimètres de largeur, 90 centimètres de hauteur et 74 centimètres de profondeur.

Au moyen de cet appareil, les images des préparations anatomiques les plus délicates sont projetées sur un écran de plâtre, de manière à être visibles à un grand nombre d'auditeurs à la fois. Les rayons qui ont traversé les lentilles L, passent à travers le tuyau conique R, rempli d'eau, de

manière à absorber les rayons calorifiques qui pourraient endommager les préparations ; en outre, un écran B*e* (fig. 3) mobile de l'extérieur

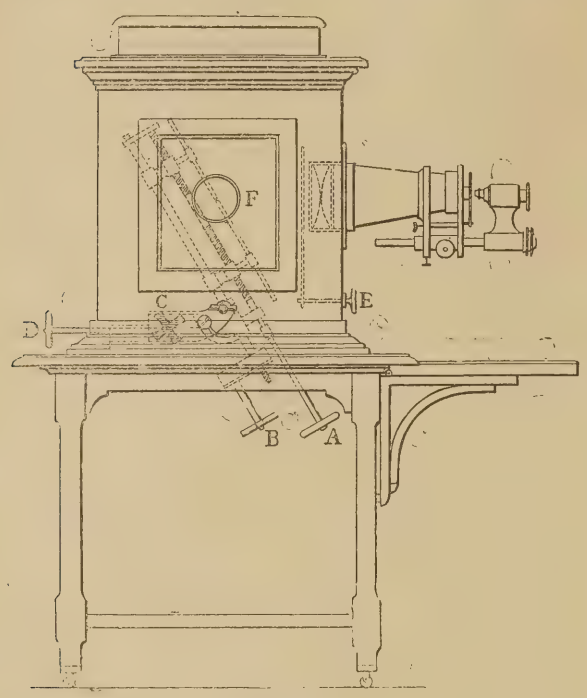


Fig. 1

(voir fig. 1) permet d'intercepter une partie des rayons.

Dans la figure 3, T, T′ sont les tubulures qui permettent d'introduire et de sortir l'eau ; M, le porte-objet ; B un pignon et une crémaillère pour le réglage approximatif de l'objectif, et C une vis micrométrique pour le dernier ajustage.

Avec de légères modifications, on peut aussi employer des objets qui ne sont pas transparents.

La ville de Steiermark dans la Haute-Autriche est connue par la célèbre fabrique d'armes de Werndl (qui a déjà fourni des armes pour l'armée française) ; cette fabrique a une subdiisionv électrotechnique, dans laquelle le professeur Puluy, actuellement professeur à l'école technique, a in-

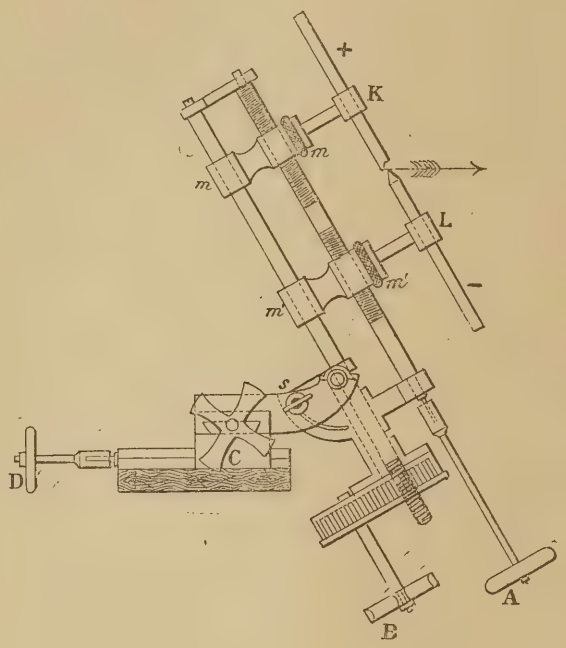


Fig. 2

troduit la fabrication des lampes à incandescence, dont le filament est constitué par du *chanvre de Manille*.

Dans la même fabrique, on s'est occupé aussi dernièrement de cette partie de l'étude des dynamos qui consiste à trouver une relation entre le nombre d'ampères-tours d'excitation et les dimensions de la carcasse en fer, d'un côté, et le champ magnétique produit.

La force électromotrice dépend d'une manière indirecte de l'intensité du magnétisme actif ; en déterminant, avec une vitesse et une résistance extérieure constantes, pour chaque valeur de l'exci-

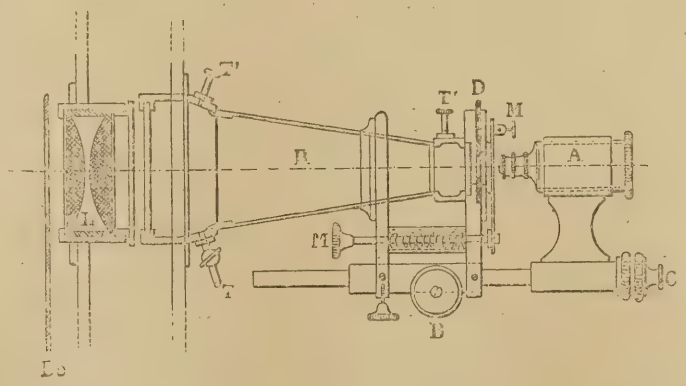


Fig. 3

tation, la force électromotrice, on obtient en même temps la variation du champ magnétique. On a expérimenté sur un grand nombre de machines Schuckert à anneau plat, et déterminé le nombre d'ampères-tours nécessaire pour arriver à la limite pratique de saturation.

Si L_1 désigne la longueur des noyaux des électros et d leur diamètre, G le poids de l'armature, et D son diamètre, on obtient le nombre d'ampères-tours correspondant à cette limite de saturation, par l'expression :

$$ni = 15\left(\frac{L_1}{d}\right)^2 + 80\frac{G}{D}$$

Cette expression est peut-être juste, pour les machines de ce type, mais son caractère absolument empirique en exclut toute extension.

La maison Siemens et Halske a fait, dernièrement, breveter une méthode commode et économique pour coupler plusieurs dynamos en arc parallèle et les introduire suivant les besoins dans un circuit de lampes à incandescence.

La figure 4 montre cette disposition ; l_1 l_2 sont les conducteurs principaux, dont la différence de potentiel est indiquée par le voltmètre V_2.

Dans les lignes p, qui relient les bornes des machines au circuit l_1 l_2, se trouvent des commutateurs A; en outre, la disposition comporte un commutateur général K, au moyen duquel les fils de tension v peuvent être mis en connexion avec le voltmètre V_1.

Supposons qu'on ait 3 machines M_1 M_2 M_3 en marche, et que M_4 doive être mise en activité, par suite d'une augmentation des besoins ; on met celle-ci en marche, au nombre de tours normal, et on la relie au moyen des fils v_4 v_4 avec K. En introduisant alors des résistances en N_4, on amène la différence de potentiel indiquée par V_1 à être égale à celle indiquée par V_2.

A ce moment-là seulement, on établit la communication entre l_1 et l_2 et la machine M_4, en fermant l'interrupteur A_4. A ce moment, la machine travaille encore à vide, elle ne fournit aucun courant, et n'en reçoit pas.

On diminue alors la résistance N_4 jusqu'à ce que l'ampèremètre J_4 indique le courant voulu.

Si, au contraire, par suite de l'extinction de lampes, il fallait retirer une des machines du circuit, on introduirait dans l'un des rhéostats N, autant de résistance qu'il en faudra pour qu'elle ne fournisse plus de courant; à ce moment, elle sera coupée du circuit au moyen de l'interrupteur A.

Les résistances N_1 N_4 sont introduites dans le circuit des électros des machines.

Jusqu'à présent, dans le cas où l'on voulait introduire une dynamo dans un circuit alimenté par plusieurs machines reliées en arc parallèle, on avait coutume de la relier à une série de lampes de rechange, et de multiplier le courant et la tension jusqu'à ce que les lampes soient amenées au degré d'incandescence voulu, et à ce moment, la machine était reliée au circuit extérieur.

Dans le cas où une machine devait, au

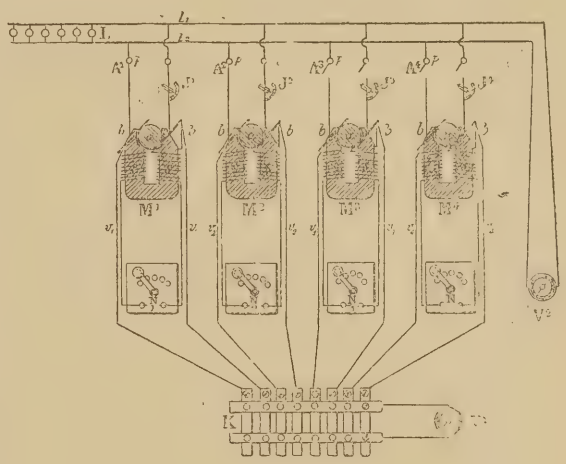


Fig. 4

contraire, être sortie du circuit, on insérait dans le circuit auxiliaire autant de lampes qu'on en devait éteindre, et à ce moment, on séparait la machine du circuit.

La téléphonie à grande distance fait peu de progrès en Autriche. Nous avons, il est vrai, la ligne Vienne-Brünn, établie d'après le système Van-Rysselberghe, et les deux lignes ainsi établies sont utilisées de temps en temps par les postes des deux Bourses, par le Parlement, par l'Administration des télégraphes, et un certain nombre de banques doivent aussi y être reliées; mais nous avons encore beaucoup à faire, si nous voulons suivre les autres pays.

Cependant, nous aurons bientôt un certain nombre de lignes reliant diverses villes entr'elles, ainsi les lignes Vienne-Reichenau, Vienne-Baden, et peut être aussi Trieste-Fiume.

Le port de Fiume vient d'être éclairé au moyen de lampes à arc ; l'installation que nous aurons l'occasion de décrire plus tard, comporte 60 lampes à arc du système Egger et Cie.

J. Kareis

États-Unis

Appareil de Hammer pour attacher et détacher les lampes. — Les effets décoratifs auxquels se prêtent les lampes à incandescence, leur ont valu la faveur du public pour l'application de ces lampes auv candélabres. Il arrive cependant assez fréquemment que ces derniers soient placés hors de la portée de la main ; pour parer à cet inconvénient, M. W. J. Hammer, directeur général de la station Edison, à Boston, a imaginé un appareil d'une grande simplicité, grâce auquel les lampes peuvent être aisément attachées à leurs douilles, et enlevées pour leur examen, et pour le nettoyage des globes.

La figure 1 ci-dessous montre cet appareil en coupe dans la position où il se trouve au moment de saisir la lampe, le globe de cette dernière étant tourné vers le bas.

La figure 2 le représente en élévation au moment où la lampe vient d'être saisie.

D est une tige portant à son extrémité un tube en laiton A et une mâchoire B, destinée à saisir la lampe. Cette mâchoire se compose de deux parties *i*, *t* articulées l'une à l'autre en *p*, et dont l'une, *i*, est fixée au tube A. La mâchoire est garnie intérieurement de peau de chamois ou de feutre, afin de ne pas détériorer la lampe.

Un levier C, fixé à la partie articulée de la mâchoire, porte à son extrémité une tringle roide *d*, qui passe dans une ouverture oblongue pratiquée dans le tube A, et s'articule par son extrémité opposée à un levier coudé *f* monté à pivot sur ce même tube A. Un cordon, attaché à l'autre branche du levier *f*, passe sous la poulie à gorge *g* montée également sur le tube, et s'étend jusqu'à l'extrémité de la tige D. Un ressort plat *e*, fixé sur la face opposée du tube A, porte contre le levier C, de façon à maintenir rapprochées les deux parties de la mâchoire.

Lorsqu'on se propose d'enlever une lampe de sa douille, on applique la mâchoire immédiatement au-dessous de la lampe, puis on tire le cordon, qui fait ouvrir la mâchoire en comprimant le ressort *e*, jusqu'à ce qu'elle embrasse le globe de la lampe. On lâche alors le cordon, et la partie

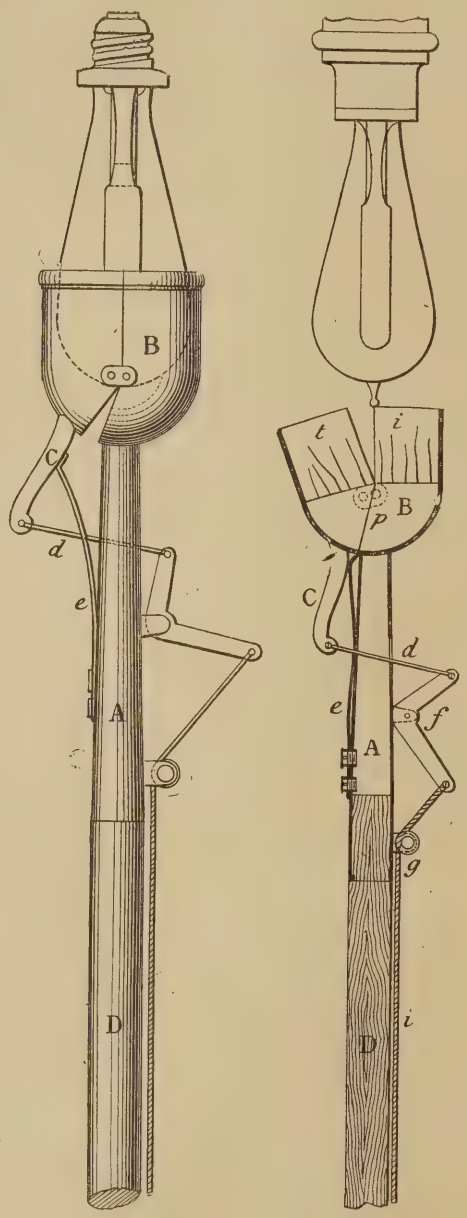


Fig. 1 et 2

inférieure de la mâchoire, repoussée par le ressort *e*, se referme et saisit le globe, comme on le voit figure 2. Il suffit alors de faire tourner le manche de l'appareil pour dévisser la lampe et la détacher de sa douille.

Mais, les lampes ne sont pas toutes fixées dans la position indiquée dans les figures 1 et 2; il arrive parfois que l'on est obligé de les atteindre

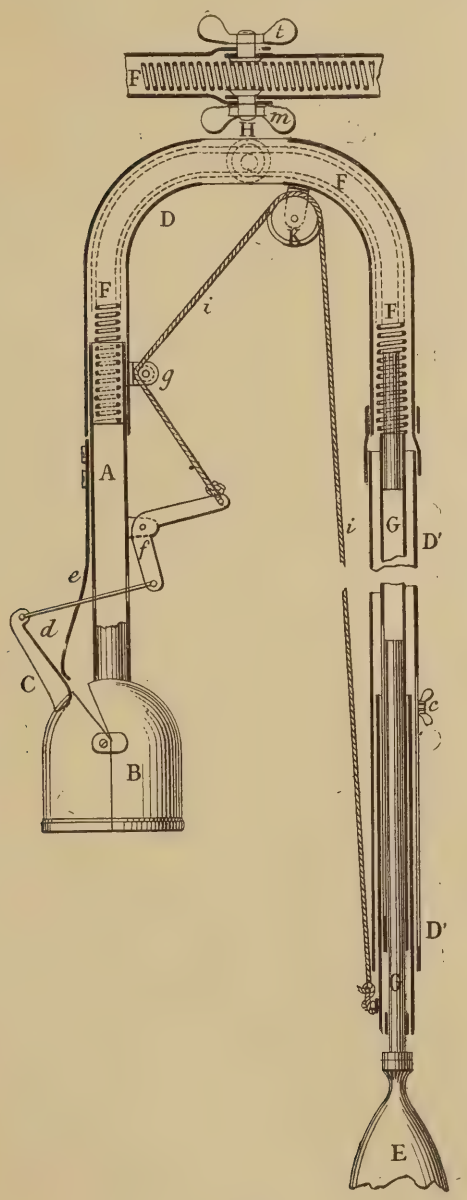


Fig. 3

par le haut ou de telle autre façon pour laquelle l'appareil que nous venons de décrire ne saurait convenir.

Pour ces cas spéciaux, M. Hammer a imaginé l'appareil représenté figure 3. Dans cette variante de son système, le tube portant la mâchoire articulée, le ressort et le levier coudé auquel est attaché le cordon, comme nous venons de le décrire, pénètre dans un autre tube recourbé D'. Un long ressort en spirale F, s'étendant sur toute la longueur du tube D', est rattaché par une de ses extrémités au tube A, et par l'autre, à une tige fixée au manchon d'accouplement G, qui porte à son extrémité inférieure une poignée E servant à faire tourner le manchon. Ce dernier porte, en outre, une longue coulisse ou rainure à l'aide de laquelle la tige peut être allongée en tirant sur la poignée D

Le ressort F constitue un axe flexible, de sorte qu'en faisant tourner la poignée, on peut saisir une lampe et la dévisser exactement comme dans le premier cas. On remarquera d'ailleurs que le tube D' est articulé en H et qu'il est pourvu d'écrous à oreilles *t*, *m*, de sorte qu'il peut être ouvert et fixé à tout angle voulu pour s'accomoder aux différents genres de lampes.

Perfectionnements dans les appareils télégraphiques multiples a synchronisme. — Le système de télégraphie inventé par MM. Delany et Callahan, et connn sous le nom de *telégraphie synchronique multiple*, a déjà été décrit dans *La Lumière Électrique*. Dans ce système, on s'en souvient, la ligne est mise alternativement à la disposition d'un certain nombre d'employés, à chaque station extrême, pour de courtes périodes de temps; mais les interruptions sont si brèves, que la ligne est, pour ainsi dire, continuellement à la disposition de chaque opérateur.

Pour étendre les applications de ce système, M. R. G. Brown, électricien de la *Standard Multiplex Telegraph Company* qui est chargée de l'exploitation de cette invention, a tout récemment imaginé une disposition fort simple pour étendre les circuits d'embranchement de la station extrême de la ligne principale à des localités situées à quelque distance que ce soit du bureau central; ces embranchements peuvent également être desservis simultanément par plusieurs employés. Pour cela, M. Brown ne fait usage que d'une seule pile principale, commune à toutes les les lignes d'embranchement, et il place cette pile avec les principaux relais, etc., au bureau central.

La figure 4 ci-dessous représente la manière dont les circuits sont reliés. A représente une partie d'un cercle des segments isolés employés

dans le système, et A′ le frotteur mobile relié avec la ligne principale. Les instruments de la station principale ou centrale sont représentés reliés avec un des segments *a*.

Supposons qu'un signal soit reçu du segment *a* : le relais principal B fonctionne ; son armature est attirée loin de son arrêt *b* ; le circuit de la pile locale *b′*, qui renferme un petit relais C, est ouvert, et l'armature *c* de ce relais est attirée par son ressort contre son arrêt d'arrière, transmettant ainsi le signal reçu à la ligne d'embranchement, en complétant le circuit de la pile S B à travers le parleur ou relais S, l'arrêt d'arrière et l'armature *c*,

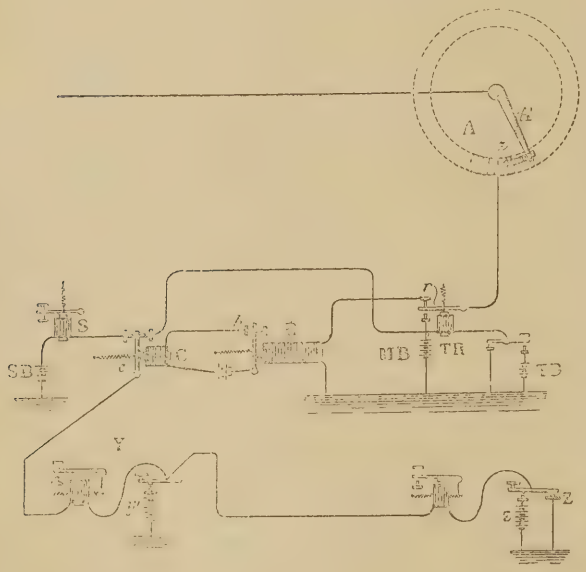


Fig. 4

la ligne d'embranchement et ses appareils, et le ol.

Si l'employé du bureau central transmet, au contraire une dépêche, la pile T B entre en jeu, la ligne étant fermée par l'abaissement de son manipulateur ; le courant passe par l'aimant transmetteur T R, par l'arrêt de face de l'armature *c* ; par la ligne locale et ses appareils, et de là au sol en Z. L'action exercée sur le levier d'armature *r* du transmetteur T R introduit la pile principale M B dans le circuit de la ligne par le segment *a*.

Deux séries d'appareils Y et Z sont indiquées dans la ligne locale. Chaque fois que l'opérateur en Z abaisse son manipulateur, le courant de sa pile Z′ passe par les bobines du sounder ou relais sur la ligne locale à Y, puis par les bobines du relais en Y, de là, par la ligne locale à l'armature *c*, à l'arrêt de face, aux bobines du transmetteur T R et de là au sol, cela fait fonctionner tous les parleurs ou relais et le transmetteur du bureau principal ; ce dernier relie la pile principale M B avec la ligne principale par le segment *a* et le frotteur A′.

Chaque fois que le manipulateur de la station intermédiaire Y est abaissé, le courant de la pile Y′ se divise, une partie se rendant par la ligne locale au sol en Z en passant par le relais et le manipulateur qui s'y trouvent, l'autre partie se rendant par la ligne locale au sol, à la station centrale, par l'intermédiaire du transmetteur T R et du manipulateur, reliant ainsi la pile principale à la ligne principale, comme nous l'avons décrit plus haut.

La même ligne locale peut ainsi servir pour autant d'employés que l'on veut ; chacun étant désigné par son nom ou par un numéro d'ordre peut être appelé pour la réception d'une dépêche, et tous les opérateurs peuvent communiquer l'un avec l'autre et se servir de la ligne principale pour leur usage personnel.

Cette disposition des circuits peut évidemment s'appliquer aussi aux systèmes télégraphiques ordinaires, ainsi qu'aux télégraphes imprimeurs, et elle permet une prompte installation de lignes privées d'après le système Delany et Callahan.

Lampes a incandescence groupées en série. — Aux États-Unis il est devenu d'un usage courant de placer des lampes à incandescence sur des circuits d'éclairage à arc, et généralement on les y place en arc multiple, chaque groupe prenant la place d'une lampe à arc, et chaque lampe absorbant une partie du courant principal.

Dernièrement, la Compagnie électrique Thomson-Houston a imaginé d'introduire directement dans le même circuit que les lampes à arc un certain nombre de lampes à incandescence alimentées par le même courant.

La figure 5 ci-dessous indique le mode d'insertion de ces lampes. Il y en a de deux types, suivant qu'on se trouve dans un circuit marchant à l'une ou l'autre des deux intensités de courant adoptées dans le système Thomson-Houston : elles sont désignées sous les noms de *Star* et de *Crescent*. Les premières sont destinées à fonctionner avec le courant de 6,8 ampères, qui correspond aux lampes dites à *demi-arc* (1200 cand.) ;

les autres sont réservées pour les courants de 10 ampères (lampes à arc de 2000 candles).

Le pouvoir éclairant des lampes varie entre 32 et 125 bougies ; elles réclament les nombres suivants de volts et d'ampères :

	Candles	Volts	Ampères
Star.....	32	14	6.8
—	65	28	6.8
—	125	56	6.8
Crescent.....	65	20	10
—	125	40	10

L'aspect extérieur de la lampe et son mode d'attache sont représentés dans la figure 6. Sur

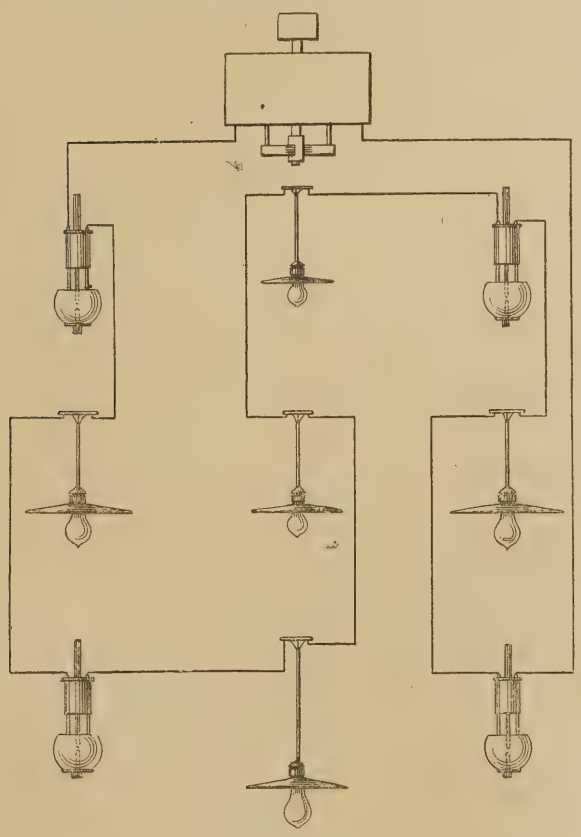


Fig. 5

le commutateur principal sont fixées des bornes de jonction pour les fils du circuit et un commutateur pour shunter le groupe de lampes. Les fils passent par la suspension dans l'interrupteur de la douille, qui est disposée de façon à maintenir automatiquement le circuit, dans le cas où le filament de la lampe se romprait, ou dans le cas où la lampe n'aurait pas été replacée sur sa douille et où le *shunt* du commutateur général ne serait pas fermé. Cependant le shunt doit toujours

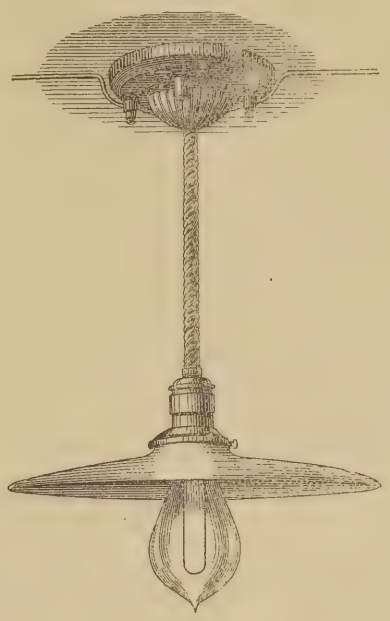


Fig. 6

être fermé au moment où l'on voudrait visser une lampe sur sa douille.

La simplicité de ce système et la facilité de son application semblent devoir offrir de sérieux avantages pour l'éclairage électrique.

J. Wetzler.

VARIÉTÉS

Nos lecteurs ont peut-être, à propos de la discussion de telle ou telle formule technique, entendu parler de la théorie dualistique de Franklin, opposée à la théorie unitaire de Simmer; il est de fait qu'on peut passer sa vie à supputer des volts, des ohms, voire même des ampères et des coulombs, sans avoir une seule fois à se poser cette question.

On pourra juger, par les lignes qui suivent, de l'importance qu'y attachaient les contemporains de Franklin et de Simmer eux-mêmes.

LE SYSTÈME DE M. SIMMER

M. Simmer n'admet point cette électricité que M. Franklin dit être tantôt positive et tantôt né-

gative; mais il suppose qu'il y a deux fluides électriques, qui quoique très différents l'un de l'autre, ont cependant une forte affinité entre eux. Dans ce système, les deux fluides s'attirent l'un l'autre, et en même temps les particules de chacun de ces fluides se repoussent, comme dans le système de M. Franklin.

M. Simmer suppose encore, que les deux fluides qui font la base de sa théorie, sont attirés par tous les corps; ainsi ces fluides existent ensemble dans chaque corps; parce que la force avec laquelle les corps retiennent ces deux fluides, balance celle que les particules propres de chacun d'eux peuvent avoir, pour se repousser mutuellement et se fuir: d'où il résulte que les deux fluides se trouvant alors en équilibre entre ces deux forces opposées, ne peuvent donner aucune marque de leur existence, et constituent par là même, le corps dans un état naturel.

Enfin M. Simmer suppose que le frottement de certains corps met ces deux fluides en mouvement, la propriété qu'ils ont de s'attirer et de s'unir, se change alors en une force répulsive, qui les oblige de se fuir et de se repousser l'un de l'autre.

M. Simmer a donné à l'un de ces fluides le nom d'*électricité vitrée* et à l'autre d'*electricité résineuse.*

Ainsi selon l'opinion de ce physicien anglais, lorsque ces deux électricités sont excitées par le frottement, l'électricité vitrée qui appartient au coussin frotteur, passe au conducteur, et la résineuse de ce même conducteur passe au corps frotteur, de sorte que par cet échange, le conducteur et le corps frotteur ont toujours la même quantité de fluide électrique, avec cette seule différence que chacun d'eux n'en a alors qu'une seule espèce, où s'ils en conservent encore de chaque espèce, chacun d'eux se trouve en avoir plus d'une espèce que de l'autre; mais dans l'un et l'autre cas, le conducteur et le coussin frotteur sont dits électrisés; le premier d'une électricité vitrée, le second d'une électricité résineuse.

Quand un corps se trouve dans cet état d'électricité, l'espèce de fluide dont il est surchargé se manifeste d'abord par la propriété dont ses parties sont douées, de se repousser mutuellement, et de faire en même temps tous leurs efforts pour rejoindre l'autre espèce de fluide, qui par le frottement avait été forcé de s'en réparer.

Ainsi dans ce cas, si l'on approche l'un de l'autre deux corps qui soient électrisés de la même espèce d'électricité, par exemple, d'une électricité vitrée, il est clair que ces deux corps doivent se repousser: il faut en dire autant de deux corps électrisés d'une électricité résineuse.

Mais le phénomène change, si l'on présente un corps surchargé de l'électricité vitrée, à un autre corps dans lequel l'électricité résineuse domine; car alors les deux corps s'attirent mutuellement, parce que leurs fluides étant hétérogènes, c'est-à-dire d'espèce différente, ils feront, en vertu de leur attration réciproque, leurs efforts pour se rejoindre.

Cette réunion aura lieu, en effet, dès que ces deux corps se toucheront ou qu'on établira une communication entr'eux, car dans le même instant, si l'on suppose que ces corps aient des électricités opposées parfaitement égales, leurs fluides électriques se repartageront également aux deux corps, et se retrouveront dans le plus parfait équilibre après ce partage.

Selon cette théorie, toute étincelle électrique est composée de deux fluides d'espèce différente qui coulent en sens contraire, et forment un double courant.

Quand, par exemple, je présente les doigts à un conducteur, que je suppose chargé d'une électricité vitrée, alors je lui en enlève une partie, et je lui donne une portion égale d'une électricité résineuse.

Quant à mon corps, si je le suppose isolé, comme il se trouve alors avoir moins d'électricité résineuse et davantage de vitrée qu'il n'en avait avant le départ de l'étincelle, il sera, dans ce cas, électrisé d'une électricité résineuse mais si mon corps n'est point supposé isolé, alors il ne s'électrisera point par cette étincelle; parce qu'au moment qu'il communique son électricité résineuse au conducteur, le plancher en fournit aussitôt à mon corps une quantité égale, en échange de l'électricité vitrée que mon corps a reçu du conducteur et qu'il rend aussi sur le champ au plancher.

Quand je présente au conducteur le crochet d'un renfort que je veux charger, dans ce cas, le côté extérieur du renfort communiqué au courant frotteur et l'intérieur du même renfort communique au conducteur.

Ainsi l'électricité résineuse de l'intérieur du renfort, est transmise au conducteur, lequel la

transmet ensuite au coussin frotteur, et celui-ci au côté extérieur du renfort.

Mais dans le même sens, le côté extérieur du renfort donne une électricité vitrée au coussin frotteur, d'où elle passe au conducteur, et de ce dernier à l'intérieur du renfort; de sorte que oute électricité vitrée de l'extérieur du renfort est portée à son intérieur, et que toute la résineuse au côté extérieur du renfort.

Lorsque ces deux fluides sont ainsi séparés, ils s'attirent très fortement l'un l'autre à travers la substance du verre interposé, sans cependant pouvoir se joindre ; parce qu'ils ne peuvent pas traverser la substance du verre; mais dès qu'on établit une communication entre les deux surfaces du renfort, alors ces fluides se précipitent l'un sur l'autre avec la plus grande violence; et dans l'instant même, le renfort cesse d'être électrisé parce que l'équilibre se trouve alors rétabli sur les deux surfaces, vu que chacune rend à l'autre l'espèce de fluide, qu'elle en avait reçu par l'électrisation.

Tels sont les principes fondamentaux du système de M. Simmer; si l'on veut s'en instruire plus à fond, on peut consulter l'*histoire de l'électricité* par M. Priestley.

On ne peut disconvenir que l'hypothèse de M. Simmer ne soit très ingénieuse, elle cadre d'ailleurs fort bien avec les phénomènes électriques que nous connaissons; elle explique en particulier de la manière la plus plausible, les expériences relatives à la répulsion réciproque, qu'on observe entre deux corps qui ont chacun une électricité négative; il me semble du moins qu'à cet égard, la théorie de M. Simmer est plus satisfaisaute que celle de M. Franklin.

Cependant la plupart des physiciens donnent encore la préférence à l'hypothèse de l'électricité positive et négative, à cause de son admirable simplicité.

Et l'hypothèse de M. Simmer paraît trop chargée de suppositions; car outre qu'il admet deux fluides électriques d'espèce différente, il suppose encore (sans en donner une raison satisfaisante) que ces deux fluides ont la propriété de s'attirer réciproquement; mais qu'ensuite cette même propriété attractive, se change tout à coup en une propriété répulsive, aussitôt que ces fluides sont excités par le frottement.

Rendre raison des phénomènes électriques par une pareille supposition, n'est-ce pas expliquer des effets par une cause encore plus mystérieuse et plus inexplicable que ne le font les effets mêmes qu'on veut expliquer.

Au reste, quelque soit la différence qui se trouve entre le système de M. Franklin et celui de M. Simmer, ils ont du moins cela de commun, que les conséquences que leurs auteurs en déduisent, se trouvent parfaitement d'accord avec l'expérience.

Ainsi il en est de l'électricité comme de la gravité du mouvement des corps, dont on connaît très bien les lois, quoiqu'on ne soit pas plus d'accord sur la première cause de ces lois qu'on ne l'est sur la première cause des lois constantes et connues qu'observe l'électricité.

Je finis ce petit traité par faire observer que l'électricité est un champ trop vaste pour qu'on ait encore pu le cultiver en entier.

La branche de l'électricité médicale, si je l'ose dire, est encore au berceau: l'on est cependant déjà très assuré de son efficacité par la guérison de diverses maladies qu'elle a opérée: mais ce qu'on en sait jusqu'à présent, est encore trop vague ; parce qu'on n'a pas encore rassemblé assez d'observations à cet égard, pour savoir avec précision quand et comment il convient d'user de ce remède.

Il serait sans doute à souhaiter que d'habiles gens se vouent à ce travail trop négligé jusqu'ici. Mais ce n'est qu'à des hommes d'une sagacité consommée et aussi versés dans la théorie de l'électricité que dans l'art salutaire d'Hypocrate, qu'il appartient d'entrer dans cette vaste carrière; sans cela il n'y a point de progrès à espérer, et l'électricité médicale en restera vraisemblablement où elle en est encore; c'est-à-dire qu'on continuera de l'appliquer au hasard comme ci-devant, et même au risque, en l'employant à contretemps, de voir souvent empirer le mal au lieu de le guérir. M. d'Ingenhousz que nous possèdons, depuis que son mérite l'a placé au rang des membres de la Société Royale de Londres, serait sans doute très en état de réussir dans ce genre de travail; ses talents et ses vastes connaissances, particulièrement dans les siences qui peuvent être relatives à l'électricité médicale, enfin son goût marqué pour les observations, ne permettent pas de douter qu'il n'enrichit cette branche de l'électricité de découvertes intéressantes, si jamais il se déterminait à y consacrer ses moments de loisir.

BIBLIOGRAPHIE

L'année Électrique, par Philibert Delahaye. — Paris, Baudry, éditeur, 1887.

Un de nos confrères en électricité, qui est aussi un peu beaucoup celui des ingénieurs gaziers, s'est depuis trois ans efforcé de donner satisfaction aux gens pressés qui voudraient en quelques instants apprendre ce qui s'est fait dans le courant de l'année comme découvertes électriques.

Jadis, c'était Louis Figuier qui se chargeait de la revue scientifique de l'année et tout le monde, ou peu s'en faut, a lu avec plaisir quelques-uns de ses excellents petits livres.

L'auteur y mettait une bonne humeur entraînante et un rare talent de vulgarisation : ce fut naturellement un grand succès de librairie.

Aujourd'hui, la science s'est spécialisée et l'électricité, pareille aux petits enfants criards, commença par faire entendre ses bruits caractéristiques de sonnette, puis est arrivé d'Amérique le Halo !! Halo !! du téléphone et voilà maintenant que la téléphonie devient internationale.

Sans compter qu'à chaque instant on aperçoit un nouveau café, un nouveau magasin ou un nouveau théâtre qui adopte, coûte que coûte, l'eclairage électrique.

M. Delahaye s'est dit, avec juste raison, que le public devait éprouver le besoin de comprendre quelque chose à tous ces phénomènes nouveaux, et que l'heure était venue d'imiter M. Louis Figuier.

Le seul reproche que nous ferons à notre confrère Delahaye, c'est de n'avoir pas un peu plus de patience, quand il écrit, et de ne pas laisser descendre son style à la portée des simples. Trop de chiffres, trop d'ohms, trop de volts.

Vous êtes journaliste comme nous, cher confrère, et journaliste sérieux ; quand vous écrivez un livre, que ce soit, comme le faisait M. Figuier, pour amener le public vers les idées scientifiques et le préparer à lire les publications comme celles auxquelles vous collaborez d'habitude.

Ne glissez pas sur cette pente facile qui consiste à faire des livres avec des ciseaux, encore bien que ce soit à vous-même que vous fassiez le plus de coupures.

Si vos lecteurs ordinaires savent qu'à la fin de l'année ils retrouveront vos principaux articles revus et condensés par vous, nul doute qu'ils laisseront le journal de côté et remettront leur curiosité à la Saint-Silvestre.

Vous répondrez à cela qu'ils auront tort et nous sommes disposé à être sur ce point entièrement d'accord avec vous, car en lisant votre *Année électrique*, nous constatons avec stupeur que bien des appareils, dont vous aviez, comme journaliste, fait une critique désopilante, deviennent dans votre livre, des petits évènements industriels : c'est d'un bon cœur, mais qui croire ? l'auteur ou le journaliste !

Vos lecteurs assidus, et nous en sommes, sont exposés à des perplexités bien pénibles et le nombre de ceux qui vous voient passer, au jour de l'an, à l'état de bénisseur sont très désagréablement surpris de voir votre carquois satyrique transformé en goupillon.

Le bon Figuier, votre modèle, semble au moins n'avoir jamais apprécié Juvenal, sa plume est vierge de toute critique acerbe, et bien qu'il ait toujours eu l'aspect d'un capitaine de mousquetaires, on sent qu'il est toujours prêt à dire : « Laissez venir à moi les gens de bonne volonté ». Il écoute tous les inventeurs et reste grave devant les idées les plus saugrenues, puis quand arrive la fin de l'année, il a une bonne parole pour tous ceux qu'il juge dignes, s'excusant de n'avoir pas l'espace suffisant pour parler des autres.

Malgré notre très profonde sympathie pour votre talent de journaliste, nous n'avons pu, cher collègue, vous épargner quelques critiques : jugez par là de ce que nous serions tenté de dire de certains auteurs qui n'écrivent qu'à coups de ciseaux et encombrent la librairie de leurs productions scientifico-litteraires. Nous espérons, pour l'imprimeur et l'éditeur de ces messieurs, que ce sont les auteurs qui font les frais d'impression et de papier, et nous leur appliquons ce que nous nous sommes bien gardé de faire pour vous, le supplice du silence.

Nous ajouterons avec sincérité que la lecture de votre livre nous a appris bien des choses amusantes.

J. B.

CORRESPONDANCE

Notre collaborateur, M. Ledoboer, auquel nous avons communiqué la seconde lettre de M. Arnoux, (voir les numéros 3 et 5 de *La Lumière Électrique*), nous répond qu'il ne peut pas lui convenir de suivre son contradicteur sur le terrain qu'il lui a plu de choisir.

M. Ledeboer a répondu comme il a cru devoir le faire, aux objections qui lui étaient présentées dans la première lettre de M. Arnoux; la réponse de ce dernier n'apportant, suivant lui, aucun argument nouveau pouvant éclaircir la question, il considére le débat comme définitivement clos.

La forme de la lettre de M. Arnoux ne nous permettant pas de la reproduire *in extenso*, nous garderons la même réserve vis-à-vis de celle de notre collaborateur.

Il ne nous reste pour clore cette discussion, qu'à regretter cette déplorable âcreté de ton qui semble caractériser le style de quelques électriciens.

La Rédaction

Munich, le 12 février 1887

Monsieur le Directeur,

Je trouve dans le n° 6 de votre estimé journal (p. 284), une note sur l'influence des aimants sur les personnes hypnotisées.

Mes expériences à ce sujet m'ont prouvé que les aimants constituent un moyen puissant de production du sommeil magnétique.

J'ai déterminé maintes fois cet état sur des sujets, en présence de plusieurs médecins.

La suggestion était écartée chaque fois par le *modus operandi*, les objets aimantés, ou non aimantés, étant présentés aux sujets par des personnes qui ne les avaient jamais endormis.

Jusqu'à présent, j'ai pu constater, pour les personnes sensibles, les effets suivants :

1° Les corps aimantés donnent l'impression d'une odeur semblable à celle de l'ozone;

2° Les aimants produisent la même sensation qu'un courant électrique peu intense;

3° Les aimants constituent un agent très puissant pour la production des effets d'hypnotisme.

Veuillez agréer, etc.

F. Uppenborn

Rectification. — Nous avons publié en *fait divers*, dans notre dernier numéro, quelques détails sur le procès actuellement engagé devant la Cour d'appel d'Orléans, entre MM. Ganz et Cie, propriétaires des brevets Zipernowsky, Déri, Blathy, et MM. Gaulard et Gibbs.

Le confrère à qui nous avons emprunté ce fait divers semble avoir été mal informé, car nous avons reçu de M. l'Administrateur de la Compagnie Continentale Edison (concessionnaire des brevets Ganz et Cie), communication d'une dépêche de MM. Ganz et Cie rectifiant les faits annoncés.

Il ressort de cette pièce que le procès actuellement pendant n'a pas encore été plaidé; MM. Ganz et Cie ayant opéré une *saisie descriptive* et commencé le procès en contrefaçon, ont dû, conformément à la loi, déposer un cautionnement qui avait été fixé, par le Tribunal de première instance de Tours, à 50,000 francs, et que la Cour d'appel a réduit à 30,000 francs, tandis que les défendeurs exigeaient un dépôt de 300,000 francs.

FAITS DIVERS

Nous avons le regret d'apprendre la mort de M. F. von Miller, le père de notre ami M. Oscar von Miller, directeur de la Société allemande Edison. Nous envoyons à notre ami l'expression de toute notre sympathie.

MM. de Rothschild frères viennent de former une Société pour l'exploitation des procédés brevetés par M. de Benardos, pour la soudure et la rivure électriques. La nouvelle Société aura pour titre : *Société pour le travail électrique des métaux.*

Un tramway électrique va prochainement être construit à Bône, en Algérie. La première ligne projetée ira de l'intérieur de la ville jusqu'à la colonne Randon, sur une distance de 4 kilomètres; mais on se propose d'en construire deux autres, l'un de 7 kilomètres, autour de la ville, et l'autre de 8 kilomètres, montant de la colonne Randon sur l'Edough.

Dans la séance du 15 décembre dernier, tenue au palais des Académies, à Bruxelles, et présidée par le Ministre de l'agriculture et des travaux publics, il a été procédé à la formation des divers comités, composés des membres de la commission chargée de préparer le

programme du Concours et d'encourager la participation des producteurs belges au grand Concours international des Sciences et de l'Industrie, qui aura lieu à Bruxelles du 15 avril au 15 octobre 1888.

Ce Concours est divisé en 7 sections et 21 groupes et comprend 43 concours permanents et 4 concours temporaires.

Les applications de l'électricité forment la 5e section, le 15e groupe et appartiennent au concours 39.

Après avoir constitué un bureau provisoire, les membres de la section d'électricité ont procédé à la revision de la classification des différentes subdivisions, qui a été proposée comme suit :

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

(5e section, — 15e groupe, — 39e concours)

Subdivision A. — Étude et enseignement de la science électrique; Paratonnerres; Parafoudres; Instruments de mesures.

Subdivision B. — Moteurs et Dynamos; Transport de la force à distance; Distribution de l'énergie électrique; Transformateurs.

Subdivision C. — Télégraphie; Téléphonie.

Subdivision D. — Lampes à arc et à incandescence.

Subdivision E. — Piles et Accumulateurs; Électrochimie; Galvanoplastie; Applications industrielles diverses.

Dans la séance du 22 décembre, au Ministère des Postes et Télégraphes, on a modifié cette classification et admis définitivement les subdivisions suivantes :

Subdivision A. — Étude et enseignement de la science électrique; Instruments de mesures; Applications scientifiques de l'électricité; Paratonnerres et Parafoudres.

Subdivision B. — Moteurs et Dynamos; Transport de la force à distance; Distribution de l'énergie électrique; Transformateurs.

Subdivision C. — Télégraphie; Téléphonie.

Subdivision D. — Lampes à arc et à incandescence.

Subdivision E. — Piles et Accumulateurs; Applications industrielles diverses (électrochimie, électrométallurgie, galvanoplastie, signaux de chemins de fer, etc.).

Il s'est fondé dernièrement, en août 1886, une Société électrique destinée à la fois à fournir la lumière électrique à la région de Vevey, Montreux et Chillon, et à exploiter le tramway électrique projeté entre ces localités. Les travaux de construction de l'usine, commencés depuis quelque temps, sont poussés très activement.

La force nécessaire à la traction et à l'éclairage est fournie par les eaux de la baie de Montreux qui, dérivées à 400 mètres en amont du Pont de Pierre, et emmagasinées, à Sonzier, dans un réservoir de charge de 6,000 mètres cubes, agiront sur des turbines sous une chute de 245 mètres environ.

Le barrage et le dépotoir sont construits, la canalisation en ciment amenant les eaux au réservoir de Sonzier est faite en grande partie. Près du Pont de Pierre, où l'on rencontre des terrains glissants, la canalisation est remplacée par un siphon en tuyaux de fonte qui est construit à l'heure qu'il est. Enfin les eaux du réservoir seront amenées à l'usine par des tuyaux en fonte et en tôle dont la pose va commencer incessamment.

D'un autre côté, la Société construit elle-même, dans ses propres ateliers, les machines dynamo-électriques dont elle aura besoin; une première machine de 100 chevaux a été essayée dernièrement avec plein succès.

Pour la traction des tramways, on emploiera comme conducteurs du courant des fils aériens d'après le système Siemens. La longueur de la ligne sera de 10 kilomètres. La pose des traverses et des rails commencera au mois de mars, ainsi que celle des câbles pour l'éclairage électrique que l'on placera sous terre dans des caniveaux en ciment.

Éclairage Électrique

Le conseil d'administration de la *Society of Arts* a décidé d'augmenter de deux médailles d'or le nombre des récompenses à décerner au prochain concours dont nous avons publié le programme.

Il y aura donc quatre médailles d'or et quatre médailles d'argent à distribuer.

Le Conseil municipal de Paris a décidé de faire installer la lumière électrique dans la grande salle des réceptions et dans les salons de l'Hôtel de Ville. L'installation comprendra 2,000 lampes, dont 171 dans la salle à manger, 144 dans la grande galerie, et 14 lustres de 60 lampes chacun dans les trois salons.

Dans sa séance du 21 janvier dernier, la sous-commission du comité technique d'électricité pour l'Exposition de 1889 a décidé que l'éclairage électrique sera limité au Champ-de-Mars, tandis que le Trocadéro sera éclairé au gaz.

La lumière électrique fonctionnera tous les soirs, et tous les modes d'éclairage seront mis en pratique et en comparaison.

Il y aura plusieurs stations centrales de lumière électrique, ainsi qu'une exposition rétrospective de tous les appareils d'éclairage usités depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours, dans tous les pays.

La Société *Staedtische Elektrizitaetswerke*, de Berlin, éclaire aujourd'hui la Leipziger Strasse depuis la Friedrichsrasse jusques et y compris la place de Postdam, avec 36 foyers à arc. Selon le contrat intervenu entre la Compagnie et la ville, ces lampes doivent fournir un minimum de 2,000 heures d'éclairage par an au prix de 60 centimes par heure et par lampe, de sorte que cet éclairage coûte annuellement à la ville une somme de 36,000 francs. Les réverbères et les globes des lampes appartiennent à la ville, qui se charge de leur entretien, tandis que l'entretien des lampes même incombe à la Société. Cette dernière s'occupe activement d'agrandir ses installations centrales de manière à pouvoir fournir, pour l'hiver prochain, 12,000 lampes de plus que cette année. A cet effet, il sera établi un réseau de câbles qui s'étendra de la place de Postdam jusqu'au Spittelmarkt, et de la Behrenstrasse jusqu'à la Zimmerstrasse. Par suite d'une entente avec la Société allemande Edison, la Compagnie sera même en état de fournir la lumière électrique aux personnes habitant des quartiers où il n'y aura que plus tard des usines centrales.

La Compagnie Edison, à Milan, a maintenant 160 abonnés, et la station centrale alimente actuellement 9,203 lampes à incandescence et 149 foyers à arc, distribués comme suit :

	Lampes à incandescence	Lampes à arc
Éclairage public des rues.	»	75
Hôtel de Ville	196	»
Théâtres	3,200	43
Hôtels	1,300	»
Cercles	350	»
Restaurants	860	11
Boutiques	1,543	20
Imprimeries	405	»
Banques	920	»
Maisons particulières	171	»
Usine centrale	118	»
Cathédrale	150	»
Soit	9,203	149

Le château royal, à Stockholm, est éclairé, depuis près d'un an, à la lumière électrique; mais, à l'occasion d'un bal récent, l'installation avait été augmentée d'un moteur actionnant deux nouvelles dynamos. Dans la salle de bal, on avait installé 42 nouveaux foyers à arc, ce qui en portait le total à 172, avec une intensité lumineuse totale de 2,750 bougies.

La Compagnie Edison, de Chicago, a fait, depuis le 1er juillet 1882 jusqu'à la fin de 1886, les installations suivantes en dehors de la ville de Chicago :

	Lampes
Dans l'Illinois	28.892
Dans l'Iowa	9.250
Dans le Wisconsin	10.237
Diverses installations	1.446
Soit un total de	49.825

Jusqu'en 1880 et même depuis, les Compagnies du gaz de New-York ont exploité un monopole de fait et réalisé chaque année de fort beaux bénéfices. Il y a quatre ans, au moment où les Compagnies d'électricité commencèrent à s'installer, le prix du gaz était de 2,25 dollars les 1,000 pieds (40 centimes le mètre cube). Deux années après, sous l'influence de la concurrence électrique et par suite aussi de la concurrence d'une nouvelle Compagnie du gaz, le prix fut abaissé à 1,75 dollar les 1,000 pieds (31 centimes le mètre cube). En même temps, le pouvoir éclairant du gaz fut augmenté et le service d'éclairage public amélioré.

L'hiver dernier, nouvelle diminution, imposée cette fois par la législature de l'État qui, après mûr examen, fixa le prix du gaz dans New-York à 1,25 dollar les 1,000 pieds (22,3 centimes le mètre cube). Les Compagnies acceptèrent ce qu'elles ne pouvaient empêcher et ne s'en trouvèrent pas plus mal, au contraire; on agrandit seulement les usines, parce que la consommation se développait rapidement. En 1886, on a estimé à 150 millions de mètres cubes la vente du gaz dans New-York. Et c'est à l'électricité qu'il faut attribuer ce progrès.

D'autre part, la municipalité encourage de son mieux l'éclairage électrique. Ainsi, depuis 1880, on a placé dans les rues 708 foyers électriques en remplacement de 3,211 becs de gaz, et la commission da l'éclairage a été invitée à faire installer 2,062 autres foyers électriques qui feront disparaître 5,135 becs de gaz. C'est une dépense de 500,000 dollars par an que cette modification entraînera pour les finances, et on ne paraît pas trouver que le service rendu soit payé trop cher.

Télégraphie et Téléphonie

Le Ministre des Postes et Télégraphes vient de décider que les facteurs qui distribuent les cartes télégrammes

ou les dépêches fermées *avec réponse payée* doivent faire connaître au destinataire qu'ils peuvent se charger gratuitement de rapporter la réponse au bureau du télégraphe et qu'à cet effet ils sont autorisés à attendre cinq minutes.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, le plus ancien des trois câbles entre Alger et Marseille a été interrompu, au mois d'octobre dernier, à la suite d'une violente tempête. La rupture s'est produite tout près de Marseille, par suite des violents mouvements de la mer sur les rochers de la côte.

Comme le câble interrompu avait été posé en 1871, on a craint un moment que la réparation ne fût impossible et qu'en essayant de relever le câble on ne le brisât de nouveau. Heureusement il n'en a rien été, l'opération a parfaitement réussi et le câble fonctionne depuis la semaine dernière.

L'administration des Postes et Télégraphes du Wurtemberg vient de publier son rapport pour l'année 1885-86. Le nombre des bureaux s'élève à 428, ou 1 bureau par 45,3 kilom. carrés et par 4,628 habitants, La longueur des lignes était de 2,858 kilom., comprenant 7,324 kilom de fil. Le nombre des appareils était de 733, dont 672 appareils Morse, 6 appareils Hughes et 55 téléphones. Il y avait 401 lignes téléphoniques avec 381,6 kilom. de fil, et 29 lignes télégraphiques particulières avec 126 kilomètres de fil. L'administration a expédié pendant l'année 1,665,354 dépêches.

La Direction générale des Postes et Télégraphes, à Berlin, a refusé de relier les Halles au réseau téléphonique, tant que la municipalité de Berlin n'aura pas accordé la permission de placer des câbles téléphoniques souterrains dans la ville.

Les appareils télégraphiques multiples de M. Granfeld, basés sur l'emploi de la roue phonique de M. Lacour, vont prochainement fonctionner sur la ligne de Vienne à Krakan, en Autriche.

Malgré les difficultés que rencontre l'introduction du téléphone en Autriche, et qui proviennent surtout de la pauvreté des habitants dans un grand nombre de villes, les progrès réalisés pendant l'année dernière par la Compagnie des Téléphones sont d'une nature très encourageante. Le tarif, dans les villes exploitées par la Compagnie, comme Prague, Trieste, Graz, Lemberg, Czernowitz, Bielitz, Reichenberg et Pilsen, est en moyenne de 150 à 175 francs par an; le nombre des abonnés dans ces villes a augmenté de 1,200 à 1,600 pendant l'année dernière. Une des difficultés de la Compagnie consiste dans le chiffre élevé de la redevance qu'elle doit payer et qui s'élève à près de 25 francs par abonné. Tous les fils de la Compagnie sont en bronze siliceux, d'un diamètre de 1,1 à 1,2 m. m., et placés sur des poteaux en fer sur les toitures des maisons. Le prix réduit de l'abonnement ne permet pas de penser à établir un réseau souterrain.

Ainsi que nous l'avons annoncé dans le temps, le Gouvernement espagnol a accordé, le 6 novembre dernier, une concession de vingt années à la *Sociedad Espanola de Electricidad*, pour la construction et l'exploitation d'un réseau téléphonique à Barcelone. Cette concession vient d'être transférée à une autre Société, le *Credito Espanol*, qui promet, dans une circulaire publique, d'apporter tous ses efforts à la création d'un service aussi parfait que possible.

Le bureau central sera établi dans la Plaza de Centellas, située au centre de la ville; tous les circuits seront complets, et en fils souterrains. Trois bureaux auxiliaires seront établis dans différentes parties de la ville, et on choisira les meilleurs appareils entre ceux qui ont reçu l'approbation du Gouvernement. La Compagnie regrette que la redevance très forte exigée par le Gouvernement rende toute réduction du tarif impossible; mais, tout en maintenant l'abonnement à 300 pesetas, elle accorde cependant aux abonnés la facilité de payer par trimestre, au lieu de tous les six mois, comme auparavant.

M Preece, l'électricien en chef du département des télégraphes en Angleterre, a dernièrement fait des expériences téléphoniques sur une ligne en cuivre d'une longueur de 432 kilomètres, reliant Worcester à Londres. La transmission de la parole était d'une netteté parfaite et aussi bonne que sur les lignes du réseau de Londres. M. Preece s'est servi entre autres appareils du téléphone magnéto de Bell.

ERRATUM

Dans la Revue des Travaux récents en électricité, du numéro 4 de cette année, nous avons attribué une note *sur la variation de la résistance électrique de l'antimoine et du cobalt dans un champ magnétique*, à *M. Jaé*.

M. le Dr G. Faè nous prie de rectifier cette petite erreur.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 26 FÉVRIER 1887 N° 9

SOMMAIRE. — Théorie des Unités ; système C. G. S ; G. Szarvady. — Étude sur les machines dynamo-électriques, par J. et E. Kopkinson. — Machines dynamos : générateurs et moteurs ; C. Rechniewski. — Degrés du vide dans les lampes à incandescence ; E. Dieudonné. — Recherches sur l'électrolyse ; A. Minet. — Revue des travaux récents en électricité : Recherches sur le pouvoir inducteur spécifique des liquides, par M. Negreano. — Sur la période variable du courant dans un système électromagnétique, par R. Arnoux. — Sur l'électrolyse de l'argent et du cuivre, et sur l'application de l'électrolyse à l'étalonnage des galvanomètres ; par Thomas Gray. — Sur l'équation fondamentale de l'induction produite par des aimants en rotation et sur une nouvelle classe de phénomènes d'induction, par E. Budde. — Lois électrodynamiques, par E. Budde. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr H. Michaëlis. — Angleterre ; J. Munro. — États-Unis ; J. Wetzler. — Bibliographie : La Galvanostégie, par Schasche. — La technique de la téléphonie, par le Dr Wietlisbach ; Dr A. P. — Correspondance : Lettres de M. A. Gravier et de M. G. Richard. — Faits divers.

THÉORIE DES UNITÉS

SYSTÈME C. G. S.

§ 1. — *Mesure d'une grandeur*

On ne peut comparer entre elles, que des grandeurs de même nature. Le résultat d'une semblable comparaison est un nombre abstrait, qui exprime le rapport des deux grandeurs.

La *mesure* d'une grandeur quelconque est le rapport de cette grandeur à une autre de même nature, prise pour unité.

§ 2. — *Equations entre grandeurs concrètes*

Les grandeurs concrètes se représentent par des lettres majuscules enfermées dans des parenthèses carrées.

Ainsi : [F] représentera une force,
[M] — masse,
[L] — longueur.

On convient d'exprimer la mesure f d'une grandeur concrète [F] par le symbole $\frac{[F]}{[F_o]}$, $[F_o]$ étant la force prise pour unité.

On écrira donc :

$$f = \frac{[F]}{[F_o]}$$

et semblablement :

$$m = \frac{[M]}{[M_o]} \qquad l = \frac{[L]}{[L_o]}$$

On peut appliquer les règles du calcul algébrique aux symboles, tels que [F] [L] [M].

Considérons une loi physique quelconque ; la loi de Newton, par exemple, qui donne l'attraction f entre deux masses m m' à la distance l.

Elle s'exprime de la manière suivante :

$$f = (K)\frac{m\,m_1}{l^2} \tag{1}$$

(R) étant un coefficient numérique qui dépend du choix des unités.

Mettons les grandeurs concrètes en évidence, il vient :

$$\frac{[F]}{[F_o]} = (K)\frac{[M]}{[M_o]}\frac{[M_1]}{[M_o]}\frac{[L_o]^2}{[L]^2} \tag{2}$$

Une pareille équation entre grandeurs concrètes ne renfermant que les rapports de grandeurs de même nature est nécessairement homogène par rapport à chaque espèce de grandeur en particulier.

Toute équation entre grandeurs concrètes ne satisfaisant pas à cette condition ne présente aucun sens.

§ 3. — *Changement d'unités.*

Supposons que l'on veuille adopter de nouvelles unités $[F_o']$, $[M'_o]$, $[L'_o]$, définies par leurs mesures F, M, L en fonction des anciennes, on aura :

$$(3) \qquad F = \frac{[F'_o]}{[F_o]} \qquad M = \frac{[M'_o]}{[M_o]} \qquad L = \frac{[L'_o]}{[L_o]}$$

et les grandeurs [F], [M], $[M_1]$, [L], auront pour mesure dans le nouveau système :

$$(4) \quad f' = \frac{[F]}{[F'_o]} \quad m' = \frac{[M]}{[M'_o]} \quad m'_1 = \frac{[M_1]}{[M'_o]} \quad l' = \frac{[L]}{[L'_o]}$$

d'où :

$$(5) \qquad f' = \frac{1}{F} f \quad m' = \frac{1}{M} m \quad m'_1 = \frac{1}{M} m_1 \quad l' = \frac{1}{L} l$$

On voit que, *si l'on multiplie l'unité de longueur* $[L_o]$ *par exemple, par un coefficient* L., *toutes les mesures de longueur se trouveront multipliées par* $\frac{1}{L}$.

La loi de Newton se trouvera exprimée dans le nouveau système par la formule :

$$(6) \qquad f' = K' \frac{m' \, m'_1}{l'^2}$$

ou

$$(7) \qquad \frac{[F]}{[F'_o]} = (K') \frac{[M]}{[M'_o]} \frac{[M_1]}{[M'_o]} \frac{[L'_o]^2}{[L]^2}$$

Les équations (1) (4) et (6) donnent la relation :

$$(8) \qquad (K') = \frac{F \, L^2}{M^2} (K)$$

ou encore :

$$(9) \qquad F = \frac{(K')}{(K)} \frac{M^2}{L^2}$$

Si l'on ne fait aucune hypothèse sur la valeur de K', les trois unités $[F_o']$ $[M'_o]$ $[L'_o]$ sont arbitraires, mais, on se donnera en général *a priori* la valeur de K'. Il n'y aura alors que deux unités arbitraires, la troisième se déduisant des deux autres.

Deux cas principaux se présentent.

On peut se proposer de ne pas modifier, par le changement des unités, le coefficient (K) de l'équation primitive ; alors :

$$K' = K$$

On peut encore choisir les nouvelles unités, de manière que le coefficient numérique prenne la valeur *un*.

Dans ce cas :

$$K' = 1$$

a) Equations de dimensions. — Supposons que l'on veuille faire K = K'.

L'équation (9) donne :

$$(10) \qquad F = \frac{M^2}{L^2} = M^2 L^{-2}$$

Remarquons que cette relation se déduit immédiatement de l'équation primitive en posant :

$$m = m' \qquad \text{et} \qquad K = 1$$

Elle montre que, si l'on considère les unités de longueur et de masse comme arbitraires, et que l'on multiplie les unités primitives $[M_o]$ et $[F_o]$ respectivement par M et L, on devra multiplier l'unité de force correspondante $[F_o]$ par $\frac{M^2}{L^2}$ ou $M^2 L^{-2}$ pour que la formule qui exprime la loi de Newton, reste identique à elle-même, quand on passe du premier système au second.

On dira que l'unité de force est de dimension 2 par rapport à l'unité de masse et de dimension — 2 par rapport à l'unité de longueur.

L'équation (8) est une *équation de dimensions.*

Si l'on prend pour unités arbitraires, celles de longueur et de masse, la mesure d'une force [F]

en passant d'un système à l'autre, se trouve multipliée par *l'inverse* de $\frac{M^2}{L^2}$.

b) Equations de condition. — Supposons maintenant que l'on se propose d'avoir :

$$K' = 1$$

L'équation (7) donne :

$$F = (K)\frac{M^2}{L^2} \tag{9}$$

C'est l'équation (1) dans laquelle on a fait $m = m'$.

En admettant toujours que lss unités de masse et de longueur soient arbitraires, la relation (9) déterminera la valeur de l'unité de force qui fera disparaître de la loi de Newton, le coefficient numérique K.

C'est une équation de condition.

c) Coefficients variables et coefficients absolus. — Il y a lieu d'établir une distinction entre les coefficients numériques qui peuvent figurer dans les formules.

Les uns que l'on pourrait appeler des *coefficients variables* ne dépendent que de la grandeur relative des unités et n'ont aucune valeur propre.

Les autres, tels que π par exemple, représentent les rapports de deux grandeurs de même nature et sont par suite indépendants du choix des unités.

Ce sont des *coefficieuts absolus.*

Les densités usuelles, rentrent dans ce cas, car la densité relative d'un corps n'est autre que le rapport de sa densité absolue à celle de l'eau. Elle est indépendante du choix des unités.

§ 4. — *Choix des unités*

Dans le choix des unités on doit se laisser guider par les considérations suivantes :

Il faut d'abord que l'on puisse en reproduire les relations à une époque quelconque, sans être obligé de se reporter à des étalons arbitraires, qui pourraient être accidentellement détruits, ou même altérés par le temps.

Il faut donc que la *définition d'une unité* soit indépendante des dimensions et de la nature des étalons qui le représentent.

Ainsi, la force électromotrice d'une pile déterminée, serait une mauvaise unité.

Une deuxième condition, que doivent remplir les unités, est de faire disparaître les coefficients variables des formules mathématiques et des lois physiques.

Supposons que l'on prenne des unités de force, de longueur, de masse et de vitesse, tout à fait arbitraires, le théorème des forces vives ne sera plus exprimé par l'équation :

$$\sum \frac{1}{2} m v^2 - \sum \frac{1}{2} m v_0^2 = \Sigma \mathfrak{T} r . F$$

Il faudra introduire un coefficient numérique K, de telle sorte que

$$\sum \frac{1}{2} m v^2 - \sum \frac{1}{2} m v_0^2 = K \Sigma \mathfrak{T} r . F$$

et la même quantité d'énergie, considérée sous deux formes différentes, ne serait plus représentée par le même nombre.

Un système d'unités, remplissant la première des conditions que nous avons énoncées, est un système *rationnel*; mais pour qu'un système d'unités puisse être considéré comme *absolu*, il faut encore qu'il satisfasse à la dernière condition.

§ 5. — *Unités absolues*

Pour passer d'un système d'unités quelconque à un système absolu, il faut considérer l'ensemble des équations de condition (§ 3 *b*), qui font disparaître les coefficients variables des formules mathématiques et physiques.

Les équations de conditions, on l'a vu, ne sont autres que les lois elles-mêmes exprimées en fonction des unités que l'on a choisies arbitrairement, en considérant comme inconnues les différentes grandeurs mathématiques ou physiques qui y figurent.

Les valeurs de ces grandeurs déterminées par le système complet des équations de condition, représentent les unités absolues exprimées en fonction des unités anciennes.

Deux équations de condition, lorsqu'elles sont correctes, ne sauraient être incompatibles, car ces

équations représentent des lois mathématiques ou physiques qui ne peuvent conduire à des résultats contradictoires.

Le nombre des équations distinctes est donc inférieur ou égal au nombre des inconnues.

Si le nombre des inconnues surpasse de *n* celui des équations distinctes, il y a *n* unités arbitraires et par suite une infinité de systèmes absolus.

Si le nombre des inconnues est égal à celui des équations, il n'y a pas d'unités arbitraires.

Il n'y aurait donc qu'un seul système absolu.

Les équations de condition connues laissent une unité arbitraire.

II

SYSTÈME C. G. S.

§ 1. — *Historique*

Gauss est le premier qui ait rattaché les unités des grandeurs magnétiques à des unités mécaniques; mais le véritable créateur du système électrostatique, et du système électromagnétique est M. W. Weber (1881).

L'*Association Britannique*, pour l'avancement des sciences, nomma en 1861 une commission qu'elle chargea d'abord de déterminer quelle serait la meilleure unité de résistance, puis de construire un étalon de cette unité.

La commission proposa pour unité celle qui fut plus tard appelée l'*ohm*; mais elle n'eut pas le temps de construire des étalons.

En 1862, on nomma une deuxième commission qui eut pour mission de continuer les travaux de la première. Elle était composée de MM. Wheatstone, Williamson, W. Thomson, Balfour Stewart, Siemens, Matthiessen, Maxwel, Miller, Joule, Fleeming Jenkin, Bright.

La nouvelle commission ne crut pas devoir limiter ses recherches au programme spécial qui lui avait été tracé. Elle pensa à juste titre que le choix de l'unité de résistance ne pouvait se faire indépendamment du choix des autres unités, et elle se proposa de créer un système complet d'unités scientifiques.

Elle reprit les travaux de Weber pour les coordonner et les compléter; elle établit de nouveau les systèmes électrostatique et électromagnétique, et adopta pour unités pratiques de force électromotrice et de résistance : le *volt* et l'*ohm* (1863).

Dans la pratique, le nom de Weber, qui désignait originairement l'unité de quantité, fut appliqué à l'unité d'intensité; mais il fut employé dans des sens différents, et on lui donna jusqu'à quatre significations distinctes.

Le congrès international réuni à Paris en 1881, ratifia les travaux de la *British Association*. Il donna au système d'unités créé par elle, le nom de système C. G. S., d'après les initiales des trois unités fondamentales. Il conserva l'*ohm* et le *volt*, et compléta les unités pratiques en adoptant l'*ampère* comme unité d'intensité, le *coulomb* commme unité de *quantité*, et le *farad* comme unité de capacité.

Par opposition aux unités arbitraires, les unités C. G. S. ont reçu le nom d'*unités absolues*.

Nous avons vu que cette dénomination était impropre.

§ 2. — *Unités fondamentales*

Dans le système C. G. S. on a adopté trois unités fondamentales arbitraires, dont les initiales ont servi à composer le nom du système, ce sont :

L'unité de longueur... le Centimètre;
L'unité de masse..... le Gramme-masse;
L'unité de temps..... la Seconde.

Le Centimètre est la centième partie de l'unité de longueur conservé aux archives, qui représente approximativement la quarante millionième partie du méridien terrestre.

Le Gramme-masse est la masse d'un centimètre cube d'eau à la température de 4 degrés centigrades.

Le poids de cette masse pesée dans le vide est de un gramme à Paris.

§ 3. — *Unités dérivées*

Toutes les unités dérivées se déduisent des trois unités fondamentales au moyen d'une relation mathématique, mécanique ou physique, dans laquelle figurent : d'une part, la grandeur dont on veut déterminer l'unité, et, d'autre part, des grandeurs dont les unités ont déjà été déterminées.

Pour éviter le coefficient variable dans la relation choisie, on adopte pour l'unité cherchée, la valeur de la grandeur considérée qui est déterminée par cette relation, lorsque toutes les autres grandeurs prennent leur valeur unité.

Ainsi, supposons que l'on connaisse les unités de force électromotrice F et d'intensité I, on pourra déterminer l'intensité de résistance par la loi d'Ohm.

$$R = \frac{E}{I}$$

Ce sera la résistance dans laquelle l'unité de force électromotrice produit l'unité d'intensité.

On appelle *dimensions* d'une unité dérivée, dans le système C. G. S., ses dimensions par rapport aux unités fondamentales L. M. T.

§ 4. — *Unités géomètriques*

Surface. — La surface d'un rectangle est proportionnelle aux produits des côtés.

L'unité C. G. S. de surface est l'aire du carré ayant le centimètre pour côté. C'est le *centimètre carré.*

L'équation de dimensions de la surface est $S = L^2$.

Volume. — L'unité de volume est le centimètre cube; dimensions :

$$\text{Vol.} = S\,L = L^3$$

Angle. — L'arc intercepté l est proportionnel à l'angle ω et au rayon r

$$l = (K)\,\omega\,r \tag{1}$$

pour faire disparaître le coefficient parasite (K) il faudrait prendre pour unité d'angle, celui dont l'arc est égal au rayon.

Cet angle pour lequel M. Everett a proposé le nom de *radiant* exprimé en degrés ordinaires aurait une valeur incommensurable qui serait approximativement

$$\frac{180}{\pi} = 57.19$$

ou :

$$57^\circ\ 11'\ 2'',4$$

aussi préfère-t-on garder l'unité d'angle arbitraire qui est le degré. Par suite, la relation (1) conserve un coefficient parasite :

$$K = \frac{\pi}{180} = 0.017485$$

dimensions :

$$\Omega = \frac{L}{L} = 1$$

§ 5. — *Unités mécaniques.*

L'unité de *vitesse* est celle de 1 centimètre à la seconde ; dimensions :

$$V = L\,T^{-1}$$

L'unité d'*accélération* est semblablement celle de 1 centimètre à la seconde :

$$A = L\,T^{-2}$$

Pour définir l'unité de *force*, on fait usage du principe découvert par Galilée, que les forces F sont proportionnelles aux masses M et aux accélérations A qu'elles leur impriment.

$$F = M\,A$$

On prend donc pour unité de force, celle qui donnerait à l'unité de masse (le gramme-masse) l'unité d'accélération (un centimètre à la seconde). C'est le *dyne;* dimensions :

$$F = M\,L\,T^{-2}$$

L'unité d'énergie, *l'erg*, est le travail produit par l'unité de force déplaçant son point d'application de l'unité de longueur suivant sa propre direction; dimensions :

$$W = M\,L^2\,T^{-2}$$

§. 6. — *Unités électriques. — Système électrostatiqne. — Système électromagnétique. — Unités électrodynamiques.*

La commission de la *British Association*, considère que, parmi les grandeurs électriques,

quatre sont susceptibles d'être mesurées. Ce sont : l'*intensité* I, la *force électromotrice E*, la *résistance* R et la *quantité* Q.

Les relations de ces grandeurs entre elles sont au nombre de deux :

La loi d'*Ohm :*

$$(1) \qquad I = \frac{E}{R}$$

et une loi vérifiée expérimentalement par *Faraday*, d'après laquelle, la quantité statique d'électricité véhiculée par un courant quelconque est proportionnelle à l'intensité du courant et au temps T, pendant lequel ce courant circule.

Cette loi est exprimée par la commission de la manière suivante :

$$(2) \qquad Q = I\ T$$

Certaines lois relient les grandeurs électriques aux grandeurs mécaniques.

Telle est la loi de *Joule*. Le travail W produit par un courant d'intensité I circulant dans une résistance R pendant le temps T est proportionnel au carré de l'intensité, à la résistance et au temps.

La commission écrit cette loi :

$$(3) \qquad W = I^2\ R\ T$$

Nous avons ainsi trois équations pour quatre inconnues. Il faut donc une quatrième équation.

On peut prendre la loi de *Coulomb* :

$$(4) \qquad F = \frac{Q^2}{L^2}$$

L'équation (4) détermine l'unité de *quantité*. C'est la quantité qui exerce sur une quantité égale, placée à l'unité de distance, une action égale à l'unité de force ; dimensions :

$$Q = M^{1/2}\ L^{3/2}\ T^{-1}$$

L'équation (2) détermine alors l'unité d'*intensité;* dimensions :

$$I = M^{1/2}\ I^{3/2}\ T^{-2}$$

L'équation (3) donne l'unité de *résistance;* dimensions :

$$R = L^{-1}\ T$$

L'équation (1) donne l'unité de *force électromotrice* ; dimensions :

$$E = M^{1/2}\ L^{1/2}\ T^{-1}$$

Ces quatre unités, ainsi que toutes celles qu'on en pourra déduire, formeront le *système électrostatique.*

Au lieu de l'équation (4) on aurait pu prendre la relation qui exprime l'action F d'un conducteur de longueur L', enroulé en arc de cercle de rayon L, et parcouru par un courant I, sur un pôle P placé au centre :

$$(5) \qquad F = \frac{P\ .\ I\ .\ L'}{L^2}$$

L'unité de pôle étant déterminée par l'équation :

$$(6) \qquad F = \frac{P^2}{L^2}$$

qui donne :

$$P = M^{1/2}\ L^{3/2}\ T^{-1}$$

l'équation (5) détermine alors l'unité d'intensité ; dimensions :

$$I = M^{1/2}\ L^{3/2}\ T^{-1}$$

L'équation (2) donne :

$$Q = M^{1/2}\ L^{1/2}$$

L'équation (3) donne :

$$R = L\ T^{-1}$$

L'équation (1) donne :

$$E = M^{1/2}\ L^{3/2}\ T^{-2}$$

Ces cinq unités, ainsi que toutes celles qu'on pourra en déduire, formeront le *système électromagnétique.*

Les unités électromagnétiques sont différentes des unités électrostatiques.

Celà tient à ce que les deux systèmes d'équations fondamentales, 1, 2, 3, 4, et 1, 2, 3, 5, 6, sont incompatibles.

Nous avons dit plus haut que des équations de condition correctes ne pouvaient être incompatibles. Il faut donc que, parmi les équations fondamentales, il y en ait au moins une erronée.

Il existe des rapports simples entre les unités électrostatiques et électromagnétiques, ainsi qu'entre leurs dimensions.

On obtient les *dimensions* d'une unité électromagnétique, en multipliant celles de l'unité électrostatique par

$$[L\,T^{-1}]^{\alpha}$$

α étant un exposant positif ou négatif qui varie d'une unité à l'autre.

En multipliant une unité électrostatique par v^{α} on aura la *grandeur* de l'unité électromagnétique correspondante.

α est le même que précédemment;

v est un nombre qui représente approximativement la vitesse de la lumière et de l'électricité.

Il est d'environ 300,000 kilomètres à la seconde.

On donne le nom d'*électrodynamique* à une unité d'intensité qui a été imaginée par Ampère, mais qui n'est jamais employée.

La loi d'Ampère a pour expression :

$$(1) \qquad f = h\,\frac{i\,i'\,ds\,ds'}{r^2}\left(\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos\theta\cos\theta'\right)$$

Ampère prend pour le coefficient variable h la valeur un. La formule (1) se réduit alors à :

$$f = \frac{i\,i'\,ds\,ds'}{r^2}\left(\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos\theta\cos\theta'\right)$$

Si l'on considère deux éléments parallèles, et perpendiculaires à la droite qui les joint :

$$(2) \qquad f = \frac{i\,i'\,ds\,ds'}{r^2}$$

L'action d'un courant indéfini i sur un courant parrallèle d'intensité i' de longueur l, placé à la distance d, et déduite de la formule générale, est :

$$f = \frac{i\,i'\,l}{}$$

On peut donc définir l'intensité électrodynamique comme étant *l'intensité de courant rectiligne qui serait attiré avec l'unité de force par un courant indéfini parallèle de même intensité situé à une distance égale à sa propre longueur.*

L'unité d'intensité électrodynamique j est égale à l'unité d'intensité électromagnétique i divisée par $\sqrt{2}$.

$$j = \frac{i}{\sqrt{2}}$$

§ 7. — *Critique du système C. G. S.*

Les unités fondamentales du système C. G. S., avons-nous dit, sont le centimètre, le gramme (masse) et la seconde.

En adoptant pour unité de longueur une fraction décimale du quart du méridien terrestre passant par Paris, on s'était proposé de prendre pour unité une longueur invariable dans la nature.

On sait aujourd'hui que le mètre est trop court de 19/100 de millimètre. Il ne répond donc pas à sa définition, mais ce qui est plus grave, il est permis de douter de l'invariabilité des dimensions de la terre.

Le gramme-masse, fondé sur le mètre, est sujet aux mêmes objections.

La seconde, elle-même, n'est peut être pas fixe, la longueur du jour étant variable.

L'unité de force a été déduite des unités de longueur, de masse et de temps, en partant du principe de Galilée, de la proportionnalité des forces aux masses et aux accélérations

$$(1) \qquad F = M\,A = M\,L\,T^{-2}$$

mais il existe une autre relation entre des forces, des longueurs et des masses. C'est la loi de l'attraction newtonienne :

$$(2) \qquad F = (f)\,\frac{M^2}{L^2}$$

Cette loi renferme dans le système C. G. S., un coefficient variable (f) qu'il est intéressant de faire disparaître. Il n'y a plus alors que deux unités arbitraires sur trois, car les équations (1) et (2) donnent entre les unités de masse, de longueur et de temps, l'équation de condition :

$$(3) \qquad (f)\,M = \frac{L^3}{T^2} = L^3\,T^{-2}$$

On peut donner une interprétation physique de cette loi.

Supposons, pour plus de simplicité, que l'on ait fait disparaître le coefficient variable (f); les équations (2) et (3) prendront la forme :

$$(2^{bis}) \qquad F = \frac{M^2}{L^2}$$

$$(3^{bis}) \qquad M = \frac{L^3}{T^2}$$

Considérons un satellite m gravitant autour d'un astre M. Soit r la distance commune.

La force centrifuge qui équilibre l'attraction $\frac{M\,m}{r^2}$ de l'astre M, sera :

$$F = \frac{m\,v^2}{r} = \frac{M\,m}{r^2}$$

v représentant la vitesse du satellite dans son orbite; d'où

$$M = v^2\,r$$

Supposons le satellite animé d'une vitesse constante, et décrivant un cercle autour de M comme centre. Le chemin l parcouru au bout du temps t est :

$$l = v\,t$$

d'où

$$M = \frac{l^2\,r}{t^2}$$

Si l'on se donne arbitrairement les unités de longueur et de temps, on pourra définir l'unité de masse comme *la masse autour de laquelle un satellite placé à l'unité de distance parcourrait l'unité de longueur pendant l'unité de temps.*

Remarquons en passant que pour une révolution entière :

$$l = 2\,\pi\,r$$

$$t = T$$

T étant la durée d'une révolution :
et

$$M = \frac{4\,\pi^2\,r^3}{T^2}$$

Si M représente la masse du soleil, $\frac{M}{4\,\pi^2}$ sera la constante de la troisième loi de Képler, dont l'expression en unités absolues serait :

$$\frac{r^3}{T^2} = \left(\frac{M}{4\,\pi^2}\right)$$

Dans le système électrostatique, on adopte comme équation fondamentale :

$$(4) \qquad F = \frac{Q^2}{L^2}$$

D'après une loi indiquée par Maxwell, et vérifiée expérimentalement par le professeur Rowland, deux quantités d'électricité statique Q de même signe, assujetties à rester à une distance constante l'une de l'autre et animées d'une vitesse commune V, exerceront une attraction mutuelle proportionnelle au produit des masses ainsi qu'au carré de la vitesse commune, et inversement proportionnelle au carré de la distance :

$$F = (\alpha)\,\frac{Q^2\,V^2}{L^2}$$

Cette attraction équilibre exactement la répulsion statique (4), lorsque la vitesse commune V est la vitesse v de propagation de l'électricité.
d'où

$$(\alpha)\,\frac{Q^2\,v^2}{L^2} = \frac{Q^2}{L^2}$$

et

$$\alpha\,v^2 = 1$$

pour supprimer le coefficient variable α, il faut adopter pour unité de vitesse la vitesse de l'électricité. Il ne reste donc qu'une seule unité fondamentale arbitraire, et l'équation (4) devrait être remplacée par l'équation générale

$$(5) \qquad \frac{Q^2\,V^2}{L^2} = F$$

en y supposant V constant et égal à la vitesse de l'électricité.

G. Szarvady

ÉTUDE SUR LES MACHINES

DYNAMO-ÉLECTRIQUES [1]

Par J. et E. Hopkinson

DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DE ν

Une bobine auxiliaire formée d'un seul tour de fil était enroulée au milieu d'un des électros, et ses extrémités reliées à un galvanomètre à miroir de Thomson, rendu balistique.

Si les bobines des électros sont mises brusquement en court circuit, pendant que l'excitation a lieu, la déviation du galvanomètre donne la mesure du flux total d'induction dans le noyau, si l'on néglige le magnétisme rémanent. Si le court-circuit est brusquement rompu, de sorte que le courant circule de nouveau dans les électros, la déviation du galvanomètre sera égale et de sens opposé :

Déviation produite par l'excitation..	261
Déviation produite par la mise en court-circuit.....	267
Moyenne.....	264

Pour déterminer le flux total d'induction dans l'âme de l'armature, les extrémités du fil du galvanomètre balistique ont été soudées aux segments consécutifs du collecteur qui correspondent à la bobine située dans le plan de commutation.

Déviation correspondant à l'excitation	= 200
— à la mise en court-circuit	201
	199
Moyenne	200

On voit donc, que si 264 lignes de force, passent dans la section médiane des électros, il n'en passe que 200 dans le noyau du tambour.

Il résulte de ces chiffres que ν est égal à 1,32.

Le courant d'excitation correspondant à ces mesures était de 5,6 ampères.

EXPÉRIENCES SUR LE FLUX DE FORCE PERDU

Comme nous l'avons vu pour la détermination de ν, un seul tour de fil était enroulé au milieu de l'un des noyaux, et relié à un galvanomètre balistique.

Un courant de 5,6 ampères étant envoyé brusquement dans les bobines des électros, ou annulé par une mise en court circuit, on a obtenu les déviations suivantes :

Déviation correspondant à l'établissement du courant.....	114
Déviation correspondant à la suppression du courant.....	116
Moyenne.....	115

Cherchons maintenant comment se répartit le flux d'induction qui ne traverse pas le noyau de l'induit.

I. Pour déterminer l'induction à travers la base de la machine, 4 tours de fils furent roulés autour de la plaque de zinc et de la base en fonte, dans un plan vertical passant par l'axe de l'induit.

Les déviations obtenues étaient alors :

Déviation correspondant à l'établissement du courant.....	55
	47
Déviation correspondant à la suppression du courant.....	56
	53
Moyenne.....	50,25

En réduisant la déviation à un seul tour de fil, ou à la surface considérée, on obtient 12,6, ce qui donne une perte de flux de $\frac{12,6}{115}$ ou 10,3 o/o.

II. Un chassis carré en bois, de 38 × 38 c. m., muni de dix tours de fil était inséré entre les électros, un des côtés appuyant sur l'armature, et un de ses côtés latéraux dépassant de 5 centimètres les bobines de l'électro, ou de 7,6 c. m. les noyaux de celui-ci.

Les déviations obtenues dans les mêmes conditions que précédemment, étaient :

Etablissement du courant.....	64
	47
Suppression du courant.....	56
	55
Moyenne.....	55

[1] Voir le n° 8 de *La Lumière Electrique*, p. 365.

Ce qui correpond à 5,5 pour la surface simple comprise dans le cadre.

III. Le même cadre était placé dans une position semblable, mais 6,35 c. m. plus haut ; on obtient alors les déviations :

Etablissement du courant.....	50
Suppression du courant.....	43
Moyenne.....	46,5

Ce qui correspond à 4,6 pour un seul tour.

IV. Le cadre était ensuite replacé sur l'armature, mais en l'introduisant symétriquement par rapport aux électros.

La déviation moyenne, rapportée à un seul tour de fil, était alors de 8.

Représentons maintenant par G le flux perdu qui traverse la surface comprise entre l'induit et une ligne horizontale menée à 7,6 c. m. au-dessus de celle-ci, et ayant la même largeur que les pièces polaires [1].

Soit R le flux correspondant à l'espace restant entre les électros. Des expériences II et III, rapprochées des dimensions indiquées de la machine, on déduit :

$$\frac{2}{3}G + \frac{2}{3}R = 5,5 \quad \text{et} \quad \frac{2}{3}R = 4,6$$

d'où l'on tire :

$$G = 1,35 \qquad R = 6,0$$

De l'expérience IV, on tire la relation :

$$\frac{5}{6}(G + R) = 8,0$$

ou

$$G + R = 9,6$$

La concordance est suffisante, si l'on considère que l'expérience a été grossièrement faite, et qu'on a supposé le flux uniforme dans toutes les surfaces considérées.

[1] Cette partie de section transversale est celle qui correspond aux extrémités des pièces polaires. E. M.

Nous admettrons :

$$G = 1,6 \qquad R = 8$$

En réduisant ces pertes de lignes de force en pour cent, on obtient :

$$G = \frac{1,6}{115} = 1,4\ 0/0$$

$$R = \frac{8,0}{115} = 7\ 0/0$$

Si donc on considère un plan vertical passant par l'axe de l'induit, les flux relatifs (rapportés au flux total traversant les électros) seront respectivement :

Entre les extrémités des pièces polaires (2 G).....	2,8	0/0
A travers la base.....	10,3	«
Entre les électros.....	7,0	«
Perte de flux mesurée directement.....	20.1	«

Or la détermination directe du rapport ν, montre que cette perte de flux doit être de $\frac{264 - 200}{264} = 24,24$ 0/0.

La différence de 4 0/0 provient du flux qui peut traverser l'arbre, ou bien des lignes qui passent des pièces polaires à la culasse, ou entre les pièces polaires, extérieurement.

EFFET DU COURANT DANS L'INDUIT

Le courant qui circule dans les bobines fixes des électros n'est pas la seule force magnétisante, dans une machine dynamo ; le courant induit dans les bobines mobiles du tambour ou de l'anneau, intervient aussi dans la production du champ résultant. Il y a donc deux variables indépendantes à considérer dans une machine : le courant dans les électros et celui dans l'induit, la force électromotrice induite, ou le flux d'induction résultant utile seront représentés d'une manière générale par une surface.

Dans des machines bien construites, l'effet du courant dans l'induit est aussi réduit que possible, mais cependant, il ne peut être négligé.

Lorqu'une bobine de l'induit est commutée, elle doit nécessairement être mise momentanément en court circuit, et si au moment de la commutation, la partie du champ dans laquelle cette bobine se meut est relativement forte, un courant intense sera induit dans cette bobine, donnant lieu à une perte de travail, et à des étincelles destructives.

Il convient de donner de suite une idée de l'ordre de grandeur de cet effet, ou de l'intensité du courant produit par la mise en court circuit d'une bobine.

Dans la machine que nous avons décrite, la force électromotrice moyenne induite dans une

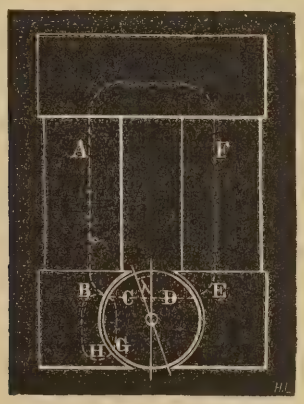


Fig. 1

bobine du tambour est, à un certaine vitesse, de 6 volts et sa résistance de 0,000995 ohm.

Laissant de côté, pour le moment, l'effet de la self-induction, on trouve facilement que si la commutation d'une bobine avait lieu dans une partie du champ dont l'intensité serait la dixième partie de l'intensité moyenne, le courant qui y circulerait pendant la mise en court circuit serait de 600 ampéres, soit quatre fois l'intensité du courant normal.

Le calage idéal des balais serait celui pour lequel le champ donnerait lieu, dans la bobine mise en court-circuit, à une force électromotrice telle que, pendant le temps que dure la mise en court circuit, le courant soit renversé, et ramené à sa valeur normale en sens inverse.

Supposons que la commutation se fasse sous un angle λ en avance de la position symérique (voir fig. 1), et soit i_a l'intensité du courant dans l'induit, le sens positif étant celui de la force électromotrice résultante de la machine.

Menons une courbe fermée, à travers les électros et l'armature, et symérique, telle que A, B, C, D, E, F (fig. 1), on voit facilement que l'intégrale de la force magnétique (le potentiel magnétique) est diminuée par l'effet du courant dans l'induit, ou tout au moins, par l'action des spires comprises dans un angle λ, en avant et en arrière du plan de symétrie.

Si m est le nombre de tours de fil total sur l'armature, la valeur de cette force magnétisante est :

$$4\pi i_a \frac{m}{2} \frac{2\lambda}{\pi} = 4\lambda m i_a$$

et elle est opposée à celle qui agit dans les bobines des électros.

Ainsi, si nous connaissons la valeur du calage des balais, et celle du courant dans l'induit, nous pouvons calculer son effet sur la force électromotrice de la machine.

Un autre effet dû à ce courant, consiste en un changement de la distribution de l'induction sur les faces alésées des pièces polaires ; la force magnétique le long de B C (fig. 1) n'est pas du tout égale à celle qui a lieu en D E ; menons la courbe fermée B C G H B ; la force totale le long de C G et de H B est négligeable ; par suite, la différence entre les forces magnétiques totales en H G et B C est égale à :

$$4\pi i_a \frac{m}{2} \frac{\theta}{\pi} = 2\theta m i_a$$

où θ est l'angle C O G.

Cette perturbation n'a pas d'effet matériel sur la marche de la machine.

Mais le courant dans l'induit produit aussi une distorsion dans le champ relativement faible compris entre les extrémités des pièces polaires, en déplaçant le point qui donne lieu à l'induction nulle, dans le sens de la rotation, pour un générateur, et dans le sens inverse pour un moteur.

A cause de cela, le calage pour lequel on n'aura pas d'étincelles est déplacé.

Une analyse mathématique un peu satisfaisante du déplacement des lignes de force entre les extrémités des pièces polaires produit par le courant dans l'induit, serait beaucoup plus pénible que l'analyse *a priori* de la distribution du champ dans ce même espace, produit par l'action des électros seulement.

En remarquant que l'induit est divisé en un

nombre fini de sections, on voit que le déplacement du champ diminue au moment où une bobine est commutée, pour reprendre sa valeur primitive, lorsque le balai n'est plus en contact qu'avec un des segments du commutateur.

Il y a ainsi une sorte d'oscillation du champ, produite par les renversements du courant dans les sections successives de l'induit.

Le nombre de ces oscillations dans un induit Gramme ou Siemens, ayant un nombre pair de bobines, est $\rho\, m$., si ρ est le nombre de tours par seconde, mais avec une armature Siemens ayant un nombre impair de bobines, ces oscillations se répèteront 2ρ fois par seconde [1].

Cette oscillation du champ exprime d'une manière particulière, l'effet de la self-induction dans cette bobine ; mais il faut se rappeler, que si la self-induction multipliée par la variation du courant, est considérée comme une variation du champ, nous ne devons pas introduire encore une fois la self-induction comme un terme séparé dans les équations du courant.

Le calage exact qui correspond à la marche sans étincelles, dans un cas donné, dépend d'une foule de circonstances : la forme et l'extension des pièces polaires, le nombre des sections dans l'induit, et la durée pendant laquelle les balais mettent une bobine en court circuit.

Revenons maintenant à notre équation générale, en y introduisant l'effet du courant dans l'induit.

Nous pouvons traiter λ comme une variable indépendante. Soit F le flux d'induction totale dans le noyau de l'induit, F + F′ l'induction totale dans les électros, F′ étant le flux perdu. Soit i_a et i les intensités de courant dans l'induit et dans les électros. Soit gF′, l'intégrale de la force magnétique entre les extrémités des pièces polaires, pour une ligne extérieure à l'induit ; g sera approximativement constant.

Négligeant comme peu importante la force magnétisante dans les pièces polaires, et dans le noyau de l'induit, nous avons les équations suivantes :

$$4\lambda m i_a + 2 l_2 \frac{F}{A_2} - g F' = 0 \quad (1)$$

$$4\lambda m i_a + 2 l_2 \frac{F}{A_2} + l_3 f\left(\frac{F + F'}{A_3}\right) = 4\pi n i$$

Pour déterminer g, on peut remarquer que lorsque $i_a = 0$, on a en outre :

$$F = \frac{1}{v-1} F'$$

ce qui permet de tirer g de la première équation :

$$g = \frac{1}{v-1} \frac{2 l_2}{A_2}$$

On peut éléminer F′ entre ces deux équations, on obtient la relation :

$$\frac{2 l_2}{v A_2}\left(v F + 4\lambda m i_a \frac{A_2}{2 l_2}(v-1)\right) + l_3 f \left\{\frac{v F + 4\lambda m i_a \frac{A_2}{2 l_2}(v-1)}{A_3}\right\} = 4\pi n i + 4\lambda m i_a \frac{v-1}{v} - 4\lambda m i_a = 4\pi n i - 4\lambda m i_a \frac{1}{v}$$

En désignant par

$$F = \Phi(4\pi n i)$$

(1) Des induits avec un nombre impair de bobines présentent un inconvénient théorique, qui pourrait même avoir une importance pratique, si le nombre des bobines était très petit. Les $2m + 1$ bobines constituent par elles-mêmes un circuit fermé ayant une résistance quadruple de celle de l'induit, mesurée entre les balais.

Lorsqu'une bobine est exactement au milieu du champ, la force électromotrice des $2m$ bobines restantes s'équilibre exactement, en sorte qu'il y a dans le circuit fermé, une force électromotrice due à cette bobine, et un peu plus grande que la $m^{\text{ième}}$ partie de la force électromotrice de la machine. Ainsi, on a une force électromotrice alternative, agissant dans l'induit, et capable de produire une perte de travail considérable. Cette perte est diminuée par la self-induction (*Note de l'auteur*).

(1) La première de ces équations s'obtient en considérant le circuit formé par les deux entrefer, une partie de l'armature et des pièces polaires, et l'espace compris entre les prolongements de celles-ci.

On néglige la force magnétique totale correspondant à l'aimantation des pièces polaires et du noyau.

La seconde équation s'obtient en f considérant le circuit total des électros et de l'aimantation, en négligeant les termes relatifs à la culasse et aux pièces polaires.

E. M.

l'équation de la caractéristique pour $i_a = O$.

On peut alors écrire, de la manière suivante, l'équation de la surface caractéristique :

$$F + \frac{v-1}{v} 4 \lambda m i_a \frac{A_2}{2 l_2} = \Phi \left(4 \pi n i - \frac{4 \lambda m i_a}{v} \right)$$

En appliquant cette équation, il ne faut pas oublier que la force électromotrice de la machine ne peut pas être déterminée au moyen de F seul, tant que la commutation n'a pas lieu dans une position où la bobine commutée embrasse toutes

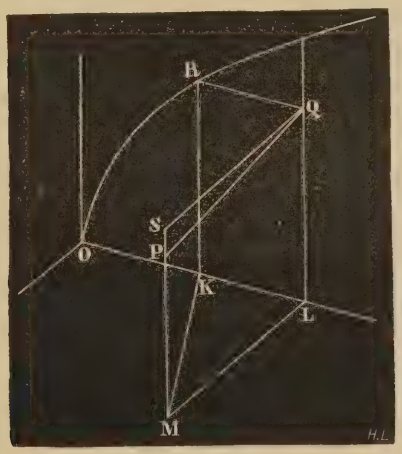


Fig. 2

ou presque toutes les lignes d'induction de l'induit.

Cette équation permet de construire la surface caractéristique au moyen de la courbe caractéristique.

Soit un système d'axes rectangulaires dans l'espace (fig. 2), et prenons $OL = 4 \pi n i$; $LM = 4 m \lambda i_a$; et menons M K de telle sorte que l'on ait :

$$\frac{KL}{LM} = \frac{1}{v}$$

On voit que O K représente l'argument de la fonction Φ, et si par le point K, nous menons l'ordonnée K R, qui coupe la courbe caractéristique en R, nous obtenons la valeur de cette fonction elle-même. En menant ensuite R Q parallèlement à O L, et du point d'intersection Q avec l'ordonnée L Q, la droite Q S parallèlement à L M, et Q P sous une inclinaison telle qu'on ait :

$$\frac{PS}{SQ} = \frac{v-1}{v} \frac{A_2}{2 l_2}$$

on obtient alors un point P qui appartient à la surface caractéristique [1].

Un problème important consiste à déduire la courbe caractéristique d'une machine enroulée en série de sa caractéristique normale; dans ce cas, $i_a = i$, et nous avons :

$$F + \frac{v-1}{v} 4 \lambda m i \frac{A_2}{2 l_2} = \psi \left[\left(4n - \frac{4 \lambda m}{v} \right) i \right]$$

expression qu'il est facile de construire.

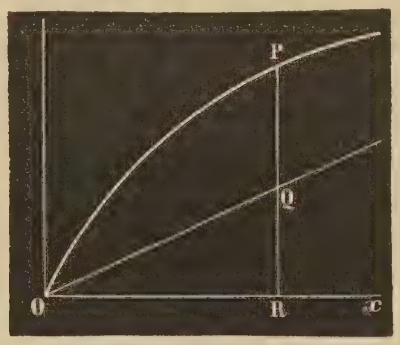


Fig. 3

Soit P R (fig. 3) l'ordonnée d'un point de la caractéristique normale, prenons Q R égal à :

$$\frac{v-1}{v} 4 \lambda m i \frac{A_2}{2 l_2}$$

c'est-à-dire, menons la droite O Q telle que :

$$tg\, QOx = \frac{v-1}{v} 4 \lambda m i \frac{A_2}{2 l_2} : 4 \pi \left(n - \frac{m \lambda}{v \pi} \right) i$$

$$= \frac{v-1}{v} \frac{A_2}{2 l_2} \frac{\lambda m}{\pi n - \frac{m \lambda}{v}}$$

[1] La considération de cette surface caractéristique est un agréable passe-temps de mathématicien; il est évident qu'en pratique, il y aurait lieu de transporter ces constructions dans le plan de la *caractéristique* normale. Rien ne serait plus facile, celle-ci étant tracée, d'obtenir les courbes modifiées correspondant à un certain nombre de valeurs déterminées du courant dans l'induit.

E. M.

On obtient ainsi une ordonnée P Q, qui représente l'induction résultante utile correspondant à une force magnétisante égale à :

$$4\pi\left(n - \frac{m\lambda}{\nu\pi}\right) i$$

On peut remarquer que, lorsque le courant i, et par suite OR augmentent, le flux d'induction PQ atteindra un maximum, pour diminuer ensuite ; il pourra même devenir négatif en passant par zéro.

Ainsi, dans une machine en série, la force électromotrice atteint une valeur maximum, un fait observé depuis longtemps, et qui tient, comme on le voit, à l'existence d'un champ extérieur, ne traversant pas l'âme de l'induit, et à la saturation des électros.

L'effet du courant dans l'induit sur le potentiel aux balais d'une machine, peut se ramener quantitativement à celui d'une augmentation de résistance de l'induit, proportionnelle au calage, et au rapport du champ perdu au champ total, et à l'action de $\frac{m\lambda}{\nu\pi}$ tours de fil agissant en sens inverse de l'enroulement principal.

Les formules précédentes renferment la théorie complète de la machine dynamo, excepté la détermination du rapport de λ à i qu'il faut adopter, pour n'avoir pas d'étincelles.

La seule constante ou fonction qui doive être déterminée expérimentalement pour chaque machine, est ν, le rapport du champ total au champ effectif.

Tout le reste se déduit de la forme de la carcasse et des propriétés du matériel.

Les exemples suivants de l'effet possible du courant dans l'induit et du calage des balais sont intéressants, et peuvent se déduire de nos formules.

Supposons que les électros soient complètement séparés, en sorte que i soit nul. Supposons d'abord que λ soit négatif, mettons les balais en court circuit, et faisons marcher la machine à une certaine vitesse ; on obtiendra un fort courant, l'induit lui-même jouant le rôle d'électro [1].

Supposons en second lieu que λ soit positif, et faisons passer un courant dans l'induit : celui-ci tournera dans le sens positif et fera office de moteur, en fournissant du travail.

Dans les deux cas, particulièrement dans le premier, un pareil emploi de la machine n'irait pas sans une forte production d'étincelles aux balais.

Un autre résultat théorique remarquable, c'est que, si on pouvait éviter les étincelles aux balais, il serait possible, en faisant λ négatif et avec une génératrice, d'obtenir par la réaction de l'induit lui-même, tous les effets que l'on demande ordinairement à l'enroulement *compound*.

(A suivre)

(1) L'expérience suivante a été faite avec une machine semblable à celle que nous avons décrite, mais dont l'induit serait réduit de moitié, de manière à fournir normalement 400 ampères et 50 volts, à 1000 tours.

Les électros étant détachés et les balais reliés par un électrodynamomètre de Siemens, la machine était mise en train à 1380 tours.

Avec les balais dans la position normale ($\lambda = 0$) le courant dû au magnétisme rémanent était de 52 ampères. En donnant aux balais un faible calage positif, le courant était presque nul, tandis qu'en donnant un calage négatif faible, on obtenait un courant de 234 ampères ; et en variant le calage, on pouvait obtenir un courant stable d'une valeur quelconque. (*Note de l'auteur*).

MACHINES DYNAMOS

GÉNÉRATEURS ET MOTEURS

Une machine dynamo-électrique peut fonctionner comme générateur ou comme moteur, suivant qu'on lui fournit du travail mécanique ou de l'énergie électrique.

Le fonctionnement, dans les deux cas, présente des différences notables qu'il est important de faire ressortir.

Il faut pouvoir, connaissant le fonctionnement d'une machine dynamo, comme générateur, c'est-à-dire connaissant son rendement, sa vitesse et sa puissance, prévoir comment elle fonctionnera comme moteur.

Ce fonctionnement est très différent dans beaucoup de cas ; on peut rappeler, en particulier, que les petites dynamos ne produisent pas assez d'énergie pour s'amorcer elles-mêmes, c'est-à-dire

que leur rendement total est nul; tandis qu'elles fonctionnent fort bien comme moteurs.

Le rendement de ces petits moteurs sera sans doute faible, mais enfin ils fonctionnent d'une manière satisfaisante.

Considérons une dynamo marchant à la vitesse V, et engendrant un courant I avec une force électromotrice E; l'énergie électrique produite sera EI.

Si R est la résistance intérieure totale de la machine, RI^2 sera le travail électrique dépensé dans les électros et l'armature pendant une seconde.

Le rendement électrique sera :

$$A_g = \frac{EI - RI^2}{EI}$$

Supposons, maintenant, que nous fassions marcher cette dynamo comme moteur, dans les mêmes conditions de fatigue des différents organes; c'est-à-dire supposons que le courant I dans la machine soit le même que dans le cas précédent, ainsi que la vitesse V de rotation; alors la force contre-électromotrice de la dynamo sera aussi E et l'énergie dépensée dans l'armature et les électros, RI^2. Le couple moteur restera aussi le même que dans le cas précédent.

Par conséquent, l'énergie mécanique produite sur l'axe sera égale à l'énergie électrique engendrée lorsque la dynamo fonctionnait comme génératrice, et le rendement électrique sera :

$$A_m = \frac{EI}{EI + RI^2}$$

On voit immédiatement que si les dimensions de la machine sont telles, que la puissance électrique totale engendrée dans le générateur soit égale à celle qui est dissipée dans les électros et l'induit, c'est-à-dire, si l'on a :

$$RI^2 = EI$$

le rendement électrique du générateur sera nul, tandis que si la même machine fonctionne comme moteur, avec la même vitesse et le même courant, son rendement électrique sera égal à 50 o/o.

Nous pouvons compléter ces formules, en introduisant encore l'action des courants de Foucault et celle des frottements; ces deux causes agissant toujours de manière à empêcher le mouvement. Désignons par F la perte du travail par seconde qui en résulte, nous aurons,

Pour le générateur :

$$(1) \qquad A_g = \frac{EI - RI^2}{EI + F}$$

Pour le moteur :

$$(2) \qquad A_m = \frac{EI - F}{EI + RI^2}$$

Nous pouvons écrire ces formules sous une autre forme; dans la formule (1), le terme EI du dénominateur représente le travail mécanique nécessaire pour faire tourner l'armature pendant l'unité de temps (abstraction faite des frottements F), désignons par T ce travail; nous aurons :

$$(3) \qquad A_g = \frac{EI - RI^2}{T + F}$$

Dans la formule (2), le travail mécanique se trouve au numérateur; nous aurons :

$$(4) \qquad A_m = \frac{T - F}{EI + RI^2}$$

Les deux expressions mises sous cette forme, et qui représentent le rendement industriel de la machine dans les deux cas, sont alors devenues parfaitement symétriques; en effet, nous avons au dénominateur le travail électrique ou mécanique fournis à la machine, et au numérateur le travail transformé utilement, mécanique ou électrique; c'est-à-dire, d'un côté le travail électrique aux bornes du générateur, et de l'autre, le travail mécanique utilisable sur l'arbre du moteur.

W. C. Rechniewski

DEGRÉ DU VIDE

DANS LES

LAMPES A INCANDESCENCE

La fabrication des lampes à incandescence est loin d'avoir dit son dernier mot. Les recherches se poursuivent aussi bien en ce qui concerne la nature du filament qu'au point de vue du vide qu'il convient d'obtenir pour assurer une longue durée à la lampe.

Les mesures relatives au vide présentent non seulement un grand intérêt scientifique, mais elles ont aussi une importance pratique. Elles sont aptes à donner une indication sur la pression la plus avantageuse à laquelle on peut descendre pour l'évacuation ; en d'autres termes, sur le degré de vide pour lequel la lampe atteindra sa plus grande longévité, avec le moindre noircissement de l'ampoule *e*.

Dans la majeure partie des lampes actuellement dans le commerce, la raréfaction de l'air est obtenue au moyen de la pompe à mercure de Sprengel qui permet, par une manipulation convenable, d'atteindre un très haut degré de vide, pourvu que l'opération soit conduite assez longtemps. Faire le vide est la plus coûteuse des opérations de la fabrication. Moins loin sera poussé le vide, moins de temps elle exigera, et par conséquent la production journalière augmentera dans le même rapport. Autrement dit, avec un moins grand nombre de pompes et une moins grande provision de mercure, on arrivera à la même production par jour. On tirera aussi un meilleur profit du travail du personnel attaché au service des pompes.

A côté de l'intérêt scientifique, le problème ainsi posé pourra donner lieu à des solutions pratiques ou bien à des confirmations utiles d'opérations industrielles déjà connues.

C'est dans ce sens qu'ont été entreprises les belles recherches de M. Heim de Hanovre. Nous en résumerons les principaux résultats d'après des renseignements puisés dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*.

La question du vide le plus favorable ne trouvera de solution absolument satisfaisante, qu'après des essais de longue durée ; aussi bien l'auteur n'a-t-il pu nous communiquer que quelques observations dans cette direction.

Les expériences ont porté en premier lieu sur la recherche des pressions relatives, à chaud et à froid, régnant dans différentes espèces de lampes à incandescence.

La détermination du vide d'une lampe n'est pas aussi simple que celle du vide fait dans un petit ballon ordinaire ne contenant que de l'air raréfié. En effet, la substance du filament de charbon possède, pour les gaz, une puissance d'*adsorption* extraordinairement élevée.

Cette dernière terminologie a été proposée par M. du Bois-Reymond, pour désigner des phénomènes qui ne se passent pas entre les molécules des corps, mais sur leurs surfaces libres qui ne sont pourtant pas de l'ordre de grandeur des distances moléculaires et pour les différencier des phénomènes *d'absorption* des gaz par les liquides, ou même de l'absorption de la chaleur, de la lumière.

Dans cette dernière catégorie, tout s'accomplit dans les espaces intermoléculaires. Nous continuerons toutefois l'usage de l'ancienne dénomination dans ce qui va suivre.

Pour en revenir au filament, sa propriété d'absorption retarde beaucoup l'établissement du vide, et nécessite l'allumage de la lampe pendant l'opération.

En raison de la présence du filament de charbon, on est conduit à admettre qu'il existe dans les lampes finies une certaine quantité de gaz qui, toutes choses égales d'ailleurs, est plus grande que celle existant dans un récipient de verre de même volume, échauffé au même degré et où l'on aurait fait le vide durant le même temps.

Sans expériences de mesure, on ne peut rien induire relativement à cette quantité de gaz, pas plus qu'à son ordre de grandeur. Il faut admettre aussi que le gaz encore existant, lorsque la lampe n'est traversée par aucun courant est, pour la majeure partie, absorbé par le charbon. Inversement, il en est plus ou moins complètement expulsé par suite de l'élévation de la température pendant l'incandescence.

En conséquence, il faut s'attendre à une pression plus élevée dans les lampes à chaud que dans les lampes à froid. La recherche du vide *pendant l'incandescence* offre naturellement le plus d'intérêt.

A peu d'exceptions près, toutes les lampes essayées étaient toujours de 16 bougies, et d'environ 100 volts. Les mesures photométriques se faisaient avant les expérienres du vide.

Les mesures faites à des jours différents et partant, avec des arrêts de la source lumineuse servant de comparaison, concordaient à 1 o/o près.

Les mesures des tensions étaient exécutées à l'aide d'un galvanomètre à miroir étalonné. Les tensions des lampes indiquées par les fabricants ne s'éloignaient pas plus de 1 à 2 o/o des résultats trouvés ; c'est là une preuve de la bonne exécution des

mesures techniques. Les intensités étaient lues au galvanomètre à ressort. Le maximum de sensibilité de celui-ci avait lieu à 0,7 ampère, et, dans l'intervalle de 0,5 à 1 ampère, les indications de l'instrument étaient exactes à 1 o/o près, d'après des mesures de contrôle.

Comme unité d'intensité lumineuse, on se servait de la bougie normale anglaise à hauteur

TABLEAU I

Origines des lampes	Nos	Intensité lumineuse en boug. normales	Tensions en volts	Intensité de courant en ampères
Edison.....	1	16	104,5	0,70
—	3	16	103,3	0,69
—	4	16	100,1	0,73
—	5	16	101,5	0,71
Swan.....	1	16	95,3	0,68
—	2	16	95,1	0,69
—	6	16	94,0	0,70
—	7	16	94,4	0,70
—	10	16	98,1	0,68
Siemens et Halske.	1	16	104,2	0,51
—	3	16	103,0	0,51
—	4	16	103,3	0,50
—	5	16	102,5	0,50
Bernstein	1	16	100,0	0,56
—	3	16	102,0	0,58
—	4	16	101,8	0,57
—	7	16	101,3	0,53
Muller.....	2	16	45,0	1,90
—	3	16	91,0	1,02
—	4	16	86,0	0,95
—	5	25	92,5	1,16
—	6	25	93,0	1,15
—	7	25	96,0	1,05

de flamme de 45 m. m. La source lumineuse de comparaison était une lampe à pétrole dont la puissance lumineuse, pendant une heure, variait tout au plus de 1 o/o. Toutefois, on la comparait de temps en temps avec la bougie normale.

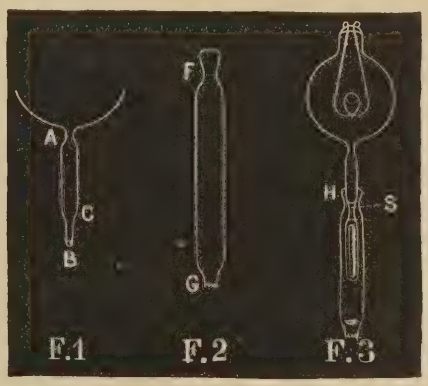
Pour les lampes Edison, la surface formée par le filament de carbone était dirigée à 45 degrés sur l'axe du photomètre, les surfaces des autres lampes étaient normales à ce même axe.

Nous donnons ci-contre un tableau des résultats de ces mesures photométriques.

MÉTHODES DE MESURE ET APPAREILS

Pour mesurer de très petites pressions, l'appareil le plus commode est la pompe à mercure Tœpler, modifiée par Bessel Hagen, qui permet de déterminer commodément et encore avec certitude, des pressions allant jusqu'à 1/5000 de millimètre de mercure, c'est-à-dire 1/4000000 d'atmosphère.

Lorsqu'on a à rechercher le degré de raréfac-



tion d'un espace fermé quelconque, on le relie avec la pompe de façon à empêcher toute rentrée d'air extérieur. Des lectures faites sur l'échelle de la pompe, du volume du récipient donné, des dimensions connues de la pompe et des tubes abducteurs, on calcule la pression dans le récipient.

Pour relier les lampes avec la pompe, l'expérimentateur avait choisi le dispositif suivant : les lampes d'essais portaient à l'endroit de leur pointe ordinaire de fermeture une rallonge AB, étirée en pointe (fig. 1), de 7 à 8 millimètres de dia-

mètre extérieur. Un tube de verre FG (fig. 2), ong de 12 à 15 centimètres et de 15 millimètres d'ouverture, était étranglé, à une de ses extrémités en F, de telle façon qu'il n'y eût que la partie conique effilée CB de la rallonge qui pût pénétrer dans cet étranglement.

Au préalable, on avait soudé à la pointe de la lampe un petit tube, également évacué, contenant un noyau de fer de 4 centimètres de longueur et de 5 millimètres de diamètre.

Avant d'introduire les appendices de la lampe dans le tube FG, on faisait un trait de lime en S immédiatement au-dessus du point de soudure des deux rallonges. Toutes les parties mises en place, comme le montre la figure 3, on lutait le raccordement en H à l'aide d'un mastic de cire et de colophane qui s'est parfaitement comporté pendant toutes les expériences. Le tube extérieur était tout d'abord relié au tube de la pompe et ensuite le tout était évacué aussi parfaitement que possible.

Pour ouvrir la lampe, il suffit d'approcher de la paroi du tube FG un pôle d'un puissant électro-aimant.

Au moment même du passage du courant, le noyau de fer était violemment attiré et la rallonge se cassait à l'endroit du trait de scie.

Cette rallonge restait dans le tube retenu par l'étranglement G. Il fallait seulement s'arranger de façon qu'elle ne vînt pas boucher complètement l'ouverture inférieure du tube. La mise en communication de la lampe avec la pompe s'opère ainsi, en évitant toute rentrée d'air extérieur. On prenait la précaution, avant d'ouvrir une lampe, de laisser l'appareil évacué chaque fois pendant une nuit entière, pour permettre à l'air adhérent aux parois de s'en séparer, autant que possible, à la température de la chambre, pendant ce temps. Au surplus, pendant les expériences, la pompe restait continuellement évacuée ; des robinets convenablement disposés la séparaient de la lampe.

La pression dans la pompe était déterminée immédiatement avant l'ouverture de la lampe ; aussitôt après l'arrachement de la pointe, les lectures se faisaient de 5 en 5 minutes. Cet intervalle de temps était suffisant, parce que, pour une très haute raréfaction, la compensation de petites différences de pression entre la lampe et la pompe ne se produit pas instantanément après leur liaison ; il n'est donc pas utile de descendre en dessous de cette limite.

Les pressions observées ne représentent pas les valeurs absolues de la pression existant dans la pompe, mais bien la pression partielle du gaz qui s'y trouve, à laquelle s'ajoute la pression de la vapeur de mercure saturée à la température de la chambre d'opération. Cette dernière pression constitue la plus grande partie de la pression totale, en tant qu'il s'agit de valeurs très basses. Cette circonstance n'a pas d'importance ici, puisque les lampes sont également évacuées par la pompe à mercure.

Pendant les essais, les lampes brûlaient avec la tension nécessaire à l'intensité lumineuse normale donnée par les mesures photométriques.

VIDE DES LAMPES A FROID

On était en droit de s'attendre à ce que la plus grande partie du gaz existant serait absorbée par le filament froid et qu'on aurait par suite un très haut degré de vide.

Le tableau suivant donne en millièmes de millimètre de mercure les pressions relevées pour une lampe Edison.

TABLEAU II

Temps d'observation après l'ouverture de la lampe	Pressions
5	2,5
10	3,4
20	3,8
40	3,9
60	4,1
70	4,2
80	4,4
110	4,8
140	4,95
1300	5,8

Avant l'ouverture de la lampe, il y régnait un certain état d'équilibre dû à ce qu'à chaque instant, les mêmes quantités de gaz s'échappaient du charbon et étaient absorbées par lui. Après l'ouverture, cet équilibre est détruit.

La lampe mise instantanément en communication avec un espace plus raréfié d'air qu'elle-même, il s'ensuit que l'abaissement de pression

donne lieu au dégagement d'une partie des gaz absorbés par le charbon. Mais le nombre de molécules de gaz absorbées par le charbon étant tirès grand par rapport au nombre de celles qui se meuvent librement dans la lampe, le charbon dégagera du gaz, jusqu'à ce que la pression primitivement existante dans la lampe soit de nouveau atteinte.

Les nombres du tableau sont propres à confirmer cette supposition. Ils montrent aussi que l'opération de dégagement est très lente. Plusieurs heures, un jour même après l'ouverture de la lampe, on observait encore un accroissement de pression, très petit à la vérité.

L'étanchéité des appareils fut contrôlée à plusieurs reprises, l'augmentation de pression ne pouvait être attribuée à une imperfection de ce côté-là.

Le tableau fait voir que les pressions lues après dix minutes ne changeaient plus guère avec le temps. Pour pouvoir comparer les résultats obtenus, on fit usage des pressions lues dix minutes après l'ouverture de la lampe; le vide était calculé comme si les lampes ne contenaient pas de charbon, en admettant que la loi de Mariotte soit exacte pour de très basses pressions.

TABLEAU III

Lampes	Numéros	p
Edison	1	19,0
—	5	2,3
Swan	1	5,1
—	2	1,7
Siemens.....	1	1,7
Bernstein	2	7,2
—	1	2,5
Muller	3	12,4
—	4	10,9
—	6	11,5
—	7	10,4
—	8	7,0

On calculait le volume de la lampe en la plongeant dans l'eau, en déterminant la quantité d'eau déplacée; du poids de la lampe et du poids spécifique du verre, on déduisait le volume du verre.

Les résultats des calculs des pressions ont montré que pour une même sorte de lampes, les degrés de vide pouvaient être très différents. Le tableau ci-dessus contient les pressions sous la rubrique p.

Ces nombres fournissent une valeur moyenne d'environ 1/100 de millimètre. La vraie pression doit être inférieure à ce chiffre, parce qu'il n'est pas possible d'éviter le dégagement de nouvelles particules de gaz après l'ouverture de la lampe. Le degré de vide atteint ne dépend pas seulement, semble-t-il, de la durée de l'opération de raréfaction, mais encore, et surtout, des différences accidentelles inhérentes au charbon, et du fonctionnement de la pompe, ce que l'on savait déjà.

PRESSION DANS LES LAMPES A CHAUD

Grâce à la forte élévation de température pendant le fonctionnement d'une lampe, on doit s'attendre à ce que les gaz absorbés par le filament en soient bientôt complètement expulsés; ceux-ci se partagent entre la capacité de la pompe et celle de la lampe. Dès que la pression est constante, le vide est calculé, approximativement toutefois, parce qu'on ne connaît pas la température moyenne du gaz dans la lampe.

Le tableau suivant donne les valeurs obtenues pour une lampe Siemens. Une heure après que la lampe a été ouverte à froid, on fait passer le courant, et les pressions indiquées sous la rubrique p

TABLEAU IV

Durée de l'allumage	p	Durée de l'allumage	p	Durée de l'allumage	p
5 minut.	8,4	70 minut.	32,3	14 heures	234
10 —	11,2	85 —	37,1	16,7 —	272
25 —	16,7	3 heures	74,6	21 —	384
40 —	22,2	5,5 —	112	27 —	445
55 —	27,3	9 —	171	37 —	558

étaient lues à des intervalles de temps déterminés. Pendant toute la durée de l'essai, la pompe restait en repos, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas d'extraction de gaz. La pression, dans la lampe froide, une heure après son ouverture, était 0,6.

Il résulte de cette expérience que, aussitôt après l'établissement du courant, une augmentation de pression considérable a lieu, à laquelle succède ensuite une augmentation lente et continue qui n'atteint pas sa limite après des jours entiers. Les résultats fournis par les autres lampes essayées sont analogues.

Une élévation de pression a lieu à la fermeture du courant, provenant de l'échauffement de la masse de gaz libre dans la lampe, du dégagement d'une certaine quantité de gaz par le filament et par les parois du verre. Le lent accroissement subséquent est le résultat de l'émersion graduelle de nouvelles particules de gaz hors du filament.

Il y a alors lieu d'admettre que dans toute lampe à incandescence en service, la pression monte de plus en plus à partir de l'instant du passage du courant. Après quelques heures, elle atteint un total surpassant cent fois environ la pression dans la lampe à froid.

TABLEAU V

Lampes	Nos	Durée d'allumage avant l'ouverture	Pression avant l'ouverture	Pression 10 minutes après l'ouverture
Swan	10	5 minutes	0,1	0,65
—	6	20 heures..	0,54	,95
Edison....	4	2 h. 30 m.	0,47	2,8
—	3	29 h. 30 m.	0,36	1,13
Siemens ..	4	3 heures.	0,39	3,8
— ...	5	17 —	0,51	2,14
Bernstein .	4	15 h. 30 m.	0,51	6,0
—	3	22 henres .	0,10	3,9
Muller	2	5 minutes	1,2	7,8

Cependant, les expériences faites en vue d'établir la justesse de cette présomption fournissent des nombres en désaccord avec cette supposition. Au contraire, même après plusieurs heures d'allumage, les chiffres du tableau 5 indiquent que la pression dans la lampe n'avait pas augmenté d'une manière notable.

Les résultats consignés dans ce tableau sont peu différents des pressions qui avaient été observées, pour les lampes à froid, 10 minutes après le passage du courant, en tout cas, pas plus grands.

Le tableau 6 contient ces pressions obtenues pour une partie des lampes du tableau 3 ci-dessus.

TABLEAU VI

Lampes	Nos	Pression dans la pompe à la fermeture du courant	Pression après 10 minutes d'allumage
Edison....	1	5,75	12,7
—	5	0,83	7,25
Swan	2	3,58	7,7
Siemens ..	1	0,98	11,2
Bernstein .	1	1,27	7,57
Muller	3	3,0	10,1
—	4	3,2	12,4
—	7	3,3	17,9

Si on fait la différence des nombres contenus dans les deux dernières colonnes des tableaux 6 et 5, on obtient pour le tableau 6, une moyenne de nombres plus grands. Ceci peut provenir de ce fait que dans les essais avec les lampes ouvertes à froid avant le passage du courant, il règne déjà une certaine pression dans la lampe. Aussitôt que le filament commence à briller, le gaz existant est fortement échauffé, sa pression monte alors considérablement, et il s'y ajoute encore l'accroissement de pression produit par le dégagement de nouvelles particules de gaz.

La pression lue sur la pompe 5 à 10 minutes après l'ouverture de la lampe allumée, rend possible une estimation de la pression dans la lampe fermée, en fonctionnement; toutefois, ce résultat offre peu de garanties parce qu'il faudrait faire intervenir dans les calculs la température élevée du gaz, qui est inconnue.

Après une comparaison faite entre les différents

systèmes de lampes, l'auteur de ces recherches se croit fondé à dire que la pression du gaz dans une lampe à incandescence allumée ne dépasse pas 0,05 millimètre de mercure.

QUANTITÉ TOTALE DE GAZ EXISTANTE

Elle dépend nécessairement de la puissance d'absorption de la substance qui constitue le charbon et de la facilité plus ou moins grande avec laquelle le gaz s'échappe sous l'action de l'échauffement. Pour les lampes Siemens dont le volume de charbon est de beaucoup le plus petit, la pression, après 37 heures d'allumage atteignait jusqu'à 0,5 millimètre tandis que pour les lampes Swan dont le filament est le plus volumineux, cette pression ne s'élevait pas au-delà de 0,3 millimètre après un fonctionnement beaucoup plus long. Les judicieuses dispositions de la pompe à mercure de Tœpler-Hagen permettaient de mesurer la quantité de gaz à évacuer par chaque coup de pompe.

E. Dieudonné

(A suivre)

RECHERCHES

SUR L'ÉLECTROLYSE[1]

LOIS RELATIVES AU RENDEMENT

Nous avons dit que la troisième loi du rendement s'applique, non seulement à un système électrique simple, formé d'appareils électrochimiques, mais aussi à un système mixte, c'est-à-dire composé de ces sortes d'appareils et de machines dynamo-électriques. Théoriquement, elle peut s'appliquer à un système formé uniquement de machines dynamos. Ce dernier cas se rapporte plutôt au transport de la force qu'à l'électrolyse ; le système mixte, au contraire, se rencontre assez fréquemment.

La charge d'accumulateurs, par exemple, peut être considérée comme une expérience électrolytique; on effectue cette opération en prenant comme générateur d'électricité une machine dynamo-électrique présentant diverses dispositions qu'on retrouvera dans un article de M. J.-P. Anney, paru dans ce recueil [1].

Nous traiterons le cas le plus général : celui où le système n'est formé que de machines dynamos.

La démonstration de la loi qui nous intéresse ayant déjà été faite pour un système formé seulement d'appareils électrochimiques, nous n'aurons pas à la recommencer pour un système mixte.

Il résulte de l'énoncé de la troisième loi, que le rendement d'un système est indépendant de la résistance de celui-ci, si l'on maintient constantes les forces électromotrices du générateur et du récepteur, ou si on les fait varier dans les mêmes proportions.

Supposons nulles les résistances passives *mécaniques* ou *électriques* des machines dynamos; supposons également que le coût de leurs champs magnétiques est nul, ce qui se présente lorsqu'on emploie les machines magnéto-électriques.

Il suffirait de faire varier empiriquement les conditions mêmes de la marche des machines, suivant la résistance totale du système de façon que celles-ci satisfassent aux conditions énoncées plus haut.

Ce qui distingue, pour l'application de la troisième loi du rendement, un système formé de machines électriques d'un système composé uniquement d'appareils électrochimiques, c'est que pour le premier il est nécessaire de faire certaines hypothèses qui ne se vérifient pas toujours en pratique, et d'agir sur les machines suivant la résistance du système, tandis que pour le second, les appareils se règlent d'eux-mêmes, ou pour mieux dire, présentent une force électromotrice constante.

Toutefois, si l'on suppose constantes les vitesses des machines génératrice et réceptrice, et si l'on admet les hypothèses relatives aux résistances passives et au coût du champ magnétique, le *rendement* sera indépendant de la résistance totale du système, comme pour un système formé d'appareils électrochimiques dans les deux cas suivants :

a) *Lorsque les machines sont magnéto-électriques ou à champs magnétiques constants*;

b) *Lorsque les machines, leurs inducteurs étant reliés en série, présentent des caractéristiques semblables.*

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 19 février 1887.

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 13 novembre 1886

c) Corollaire. — *Le temps nécessaire à l'accomplissement d'un travail utile donné sera, avec la disposition (a) proportionnel à la résistance du système, et avec la disposition (b) proportionnel à cette résistance et à un autre facteur, fonction du champ magnétique.*

La même démonstration s'appliquera aux propositions (*a*) et (*b*).

Les travaux absorbés ou produits par les machines dynamos électriques, suivant qn'elles sont génératrices ou réceptrices, d'après la disposition même des machines, peuvent être exprimés sous les formes générales

(1) $$T = F\,V$$

(2) $$T_u = f\,v$$

F représente l'effort à la circonférence moyenne des spires de l'induit de la génératrice.

f, la même quantité à la réceptrice, exprimée en kilogrammes ;

V, *v*, les vitesses linéaires moyennes des spires, exprimées en mètres par seconde.

Les valeurs des quantités F, *f* sont données par les formules :

(3) $$F = H\,I\,L$$

(4) $$f = h\,I\,l$$

dans lesquelles :

H représente l'intensité du champ magnétique de la réceptrice, c'est-à-dire l'effort produit par le champ sur le fil induit d'une longueur d'un mètre, parcouru par un ampère.

h, l'intensité du champ magnétique de la réceptrice.

I, l'intensité du courant qui parcourt les deux induits ;

L, les longueurs du fil induit actif.

Les vitesses V, *v* sont données par l'expérience et restent constantes par hypothèse ; si l'on remplace dans les expressions (1) et (2) les quantités F, *f* par leurs valeurs, on pourra calculer les travaux dépensés T et utiles T_u et par suite le rendement du système considéré

$$\varphi = \frac{T_u}{T} = \frac{h\,l\,v}{H\,L\,V}$$

Si nous supposons constants les facteurs H *h*, comme nous l'avons dit dans la proposition (*a*), ou dans un rapport constant, d'après la proposition (*b*) ce qui est le cas des deux caractéristiques semblables, nous pouvons écrire, pour $h = H$

$$\frac{h\,l}{H\,L} = c \qquad \varphi = c\,\frac{v}{V}$$

et pour $\frac{h}{H} = K$

$$\frac{h\,l}{H\,L} = C \qquad \varphi = C\,\frac{v}{V}$$

Le rendement est proportionnel dans les deux cas au rapport des vitesses.

Mais celles-ci peuvent être rendues constantes, quelle que soit l'intensité de circulation ; la vitesse de la génératrice par la disposition de l'expérience, la vitesse de la réceptrice, en faisant varier l'effort proportionnellement à l'intensité.

Le rendement est donc indépendant de l'intensité de circulation et par suite de la résistance totale du système.

L'expression du rendement peut se mettre sous une autre forme, celle du rapport des forces électromotrices.

Nous avons évidemment pour la valeur des forces électromotrices E et *e*

$$E = g\,H\,L\,V$$
$$e = g\,h\,l\,v$$

d'après la définition de ces quantité ; d'où, pour l'expression des travaux

(5) $$T = \frac{E\,I}{g}$$

(6) $$T_u = \frac{e\,I}{g}$$

et pour celle du rendement

$$= \frac{T_u}{T} = \frac{e}{E}$$

L'intensité du courant étant donnée par la formule générale

(7) $$I = \left(\frac{E - e}{R}\right)$$

on démontrera facilement la proposition (*c*).

Pour le cas où la machine est magnéto-électrique ou à champ magnétique constant (excitation à part), l'intensité varie en raison inverse de la résistance totale du système et la durée (θ) nécessaire à l'accomplissement d'un travail utile donné ($T_u\theta$) est en raison inverse de l'intensité du courant et par suite, d'après l'équation (7), proportionnelle à la résistance totale R du système.

Si, au contraire, les inducteurs sont excités en série, nous aurons, d'après la proposition (*b*), pour la valeur de l'intensité :

$$I = \frac{f(I)(E-e}{R}$$

et la durée θ, correspondant à un travail utile ($T_u\theta$), deviendra inversement proportionnelle à un produit composé de deux facteurs, d'après l'équation (8).

$$T_u\theta = \frac{f(I)\, e\, I\, \theta}{g} \qquad (8)$$

L'intensité du courant est une fonction de l'intensité qui, pour chacune des valeurs de cette quantité, sera donnée par la caractéristique.

Remarque. — Nous avons toujours considéré le récepteur comme étant le siège d'une force électromotrice et c'est dans ce cas que les lois relatives au rendement énoncées jusqu'à présent trouvent leur application.

Industriellement, les bains sont disposés de telle façon qu'ils ne sont le siège d'aucune force contre-électromotrice, par le fait de la reconstitution de l'élément électrolytique à mesure de sa décomposition; nous laisserons de côté, pour le moment, les forces électromotrices de second ordre.

L'électrolyte doit être considéré, dans ce cas, comme une résistance physique analogue à la résistance métallique R du système électrique représenté par la figure 1.

Les lois que nous venons de démontrer ne s'appliquent plus.

Appelons :

R, la résistance en AC;

ρ, la résistance en CDBA.

Nous aurons pour l'expression du rendement

$$\varphi = \frac{R}{R+\rho}$$

On voit qu'il diminue à mesure que ρ augmente; il est égale à zéro lorsque ρ devient infini, et à l'unité lorsque la résistance ρ devient nulle.

Nous reviendrons sur ce sujet, lorsque nous nous occuperons des applications industrielles de l'électrolyse.

Quatrième loi. — *Le travail utile, pendant l'unite de temps, le rendement restent invariables, quelle que soit la resistance du système, si l'on fait varier la force électromotrice du générateur et du récepteur proportionnellement à la racine carrée de cette résistance.*

Cette loi a été énoncée par M. Marcel Deprez. Elle s'applique aussi bien à un système composé seulement de machines dynamo-électriques, qu'à

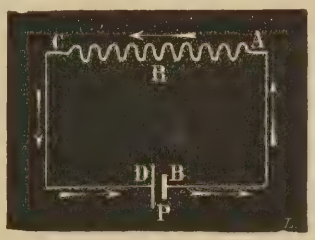


Fig. 1

un système formé d'appareils électro-chimiques ou à un système mixte.

Il suffit, pour la vérifier, d'établir les appareils générateur et récepteur dans les conditions indiquées par l'énoncé même de la loi; les appareils électrochimiques, en faisant varier leur nombre et leur résistance, les machines, en changeant, suivant la résistance donnée, leur vitesse, leurs dimensions, le diamètre des fils induits et inducteurs.

Nous avons pour un système de résistance donnée R

$$I = \frac{E-e}{R}$$

E étant la force électromotrice du générateur;
e celle du récepteur.
et pour l'expression des travaux T, T_x :

$$T = \frac{E(E-e)}{g\,R} \qquad (9)$$

$$T_x = \frac{e\,[E-e]}{g\,R} \qquad (10)$$

d'où, pour le rendement :

$$\varphi = \frac{T_u}{T} = \frac{e}{E} \tag{11}$$

Appliquons aux formules (9), (10), (11) l'énoncé même de la quatrième loi ; c'est-à-dire que, si la résistance varie comme n^2, on fasse varier les quantités E, e comme n ; on peut écrire successivement :

$$T = \frac{n\,E\,[n\,E - n\,e]}{g\,n^2\,R} = \frac{E\,[E - e]}{g\,R}$$

$$T_u = \frac{n\,e\,[n\,E - n\,e]}{g\,n^2\,R} = \frac{e\,[E - e]}{g\,R} \tag{12}$$

$$\varphi = \frac{n\,e}{n\,E} = \frac{e}{E}$$

Le travail utile pendant une seconde, comme

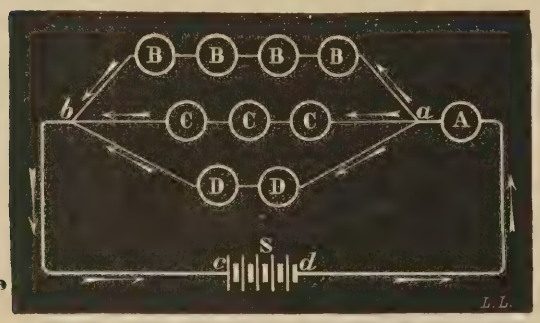


Fig. 2

l'indique l'équation (12), et le rendement restent invariables, quelle que soit la résistance du système.

Lorsque le système n'est composé que de machines dynamo-électriques, il n'est plus nécessaire de faire une seule hypothèse pour l'application de la quatrième loi du rendement ; mais il existe des limites pour cette application, que seule la pratique peut déterminer.

Expression de la différence de potentiel aux bornes de récepteurs en dérivation, dans un système composé.

La figure 2 indique la disposition du système soient :

E, la somme des forces électromotrices des générateurs établies en tension, constituant la source S ;

e_1, e_2, e_3, les forces électromotrices respectives des récepteurs B, C, D ;

r_1, r_2, r_3, leur résistance intérieure ;

ρ, la résistance de la partie du système b, c, d, a, la résistance intérieure des générateurs étant comprise dans ρ ;

ε, la différence de potentiel en a, b ;

I, l'intensité totale du courant circulant en b, c, d, a ;

I_1, I_2, I_3, les intensités des courants qui circulent dans les dérivations $a\,B\,b$, $a\,C\,b$, $a\,D\,b$;

nous pouvons écrire :

$$E = \varepsilon + \rho\,I$$

mais

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

d'où

$$E = \varepsilon + \rho\,[I_1 + I_2 + I_3] \tag{13}$$

et en remplaçant dans l'expression (13) I_1, I_2, I_3 par leurs valeurs,

$$I_1 = \frac{\varepsilon - e_1}{r_1}$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon - e_2}{r_2}$$

$$I_3 = \frac{\varepsilon - e_3}{r_3}$$

d'où nous tirons pour la valeur de la force électromotrice E :

$$E = \varepsilon + \rho\left[\frac{\varepsilon - e_1}{r_1} + \frac{\varepsilon - e_2}{r_2} + \frac{\varepsilon - e_3}{r_3}\right]$$

et pour la différence de potentiel ε :

$$\varepsilon = \frac{r_1\,r_2\,r_3}{r_1\,r_2\,r_3 + \rho\,r_2\,r_3 + \rho\,r_1\,r_3 + \rho\,r_1\,r_2}\,E$$

$$+ \frac{\rho\,r_2\,r_3}{r_1\,r_2\,r_3 + \rho\,r_2\,r_3 + \rho\,r_1\,r_3 + \rho\,r_1\,r_2}\,e_1$$

$$+ \frac{\rho\,r_1\,r_3}{r_1\,r_2\,r_3 + \rho\,r_2\,r_3 + \rho\,r_1\,r_3 + \rho\,r_1\,r_2}\,e_2$$

$$+ \frac{\rho\,r_1\,r_2}{r_1\,r_2\,r_3 + \rho\,r_2\,r_3 + \rho\,r_1\,r_3 + \rho\,r_1\,r_2}\,e_3$$

Expression qui peut être mise sous la forme générale :

$$\varepsilon = K\,E + K_1\,e_1 + K_2\,e_2 + K_3\,e_3$$

Nous avons évidemment :

$$K + K_1 + K_2 + K_3 = 1$$

et pour un nombre n d'appareils récepteurs en dérivation :

$$K + K_1 + K_2 \ldots\ldots\ldots + K_n = 1$$

Il est facile de former immédiatement les coefficients $K, K_1 \ldots\ldots K_n$, quel que soit le nombre des appareils récepteurs.

On remarque que les dénominateurs sont identiques et représentés par les combinaisons de n, nombres $(n - 1)$ à $(n - 1)$, et que chacun des numérateurs est formé précisément du terme qui ne comprend pas la résistance de l'appareil dont la force électromotrice est affectée du coefficient qu'il s'agit de déterminer.

A. Minet

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Recherches sur le pouvoir inducteur spécifique des liquides, par M. Negreano [1].

Je me suis proposé de déterminer les constantes diélectriques d'une série de carbures d'hydrogène homologues et liquides, afin de comparer les constantes diélectriques aux poids moléculaires et aux densités. D'autre part, j'ai déterminé l'indice de réfraction de ces divers liquides, en vue de la vérification de la loi de Maxwell.

Pour déterminer la constante diélectrique, on s'est servi d'un condensateur quadruple, le liquide en expérience étant enfermé dans une cuvette plate, et d'un électromètre apériodique de MM. Curie. Les charges ont été produites par une petite bobine d'induction. La méthode revient donc à celle qui a été employée par Gordon ; toutefois le condensateur avait été construit d'une façon spéciale, permettant d'obtenir un très bon isolement et de bien connaître la température.

Comparaison entre la constante diélectrique et l'indice de réfraction

Substances	Constante diélectrique K	Température de la détermination de K	$\sqrt{K}$	Indice de réfraction	
Premier échantillon de *benzine*, contenant du thiophène	2,3206	26	1,5316	$n_D = 1,4974$; $n_r = 1,4895$	26°
Second échantillon de benzine, contenant du thiophène	2,2988	25	1,5172	$n_D = 1,4978$	
Benzine pure sans thiophène	2,2921	14	1,5139	$n_D = 1,5062$; $n_r = 1,5026$	15
Toluène	3,242	27	1,4949	$n_D = 1,4912$; $n_r = 1,4857$	27
Même échantillon	2,3013	14	1,5165	$n_D = 1,4984$; $n_r = 1,4937$	15
Xylène (mélange de plusieurs isomères)	2,2679	27	1,5059	$n_D = 1,4897$; $u_r = 1,4842$	27
Métaxylène	2,3781	12	1,5421	$n_D = 1,4977$; $n_r = 1,4937$	15
Pseudo-cumène	2,4310	14	1,5591	$n_D = 1,4837$; $n_r = 1,4797$	15
Cymène	2,4706	19	1,5716	$n_D = 1,4837$; $n_r = 1,4792$	15
Essence de térébenthine	2,2618	20	1,5039	$n_D = 1,4726$; $n_r = 1,4690$	15

L'indice de réfraction a été déterminé par rapport

[1] Note présentée à l'Académie des Sciences, le 14 février 1887, par M. Lippmann.

à la raie D du sodium, et à la raie rouge du lithium.

Les deux tableaux I et II résument les observations :

On remarque que la différence entre la racine carrée de la constante diélectrique et l'indice de réfraction par rapport à la raie D affecte le chiffre des centièmes.

D'après les déterminations faites sur le toluène on peut remarquer que la constante diélectrique décroît avec l'augmentation de température, du moins dans certaines limites (faits observés, d'ailleurs, récemment par Palaz).

De l'ensemble du tableau II, on déduit :

1° Que la constante diélectrique croît, quand la molécule se complique;

2° Que le rapport $\frac{\sqrt{K}-1}{d}$ croît, quoique de quantités inégales, quand on avance dans la série;

3° Même remarque pour le rapport $\frac{K-1}{d}$;

4° Que le rapport $\frac{K-1}{(K+2)d}$ est à peu près constant; ce qui constituerait, pour un même liquide, une relation qui lie K à la densité; pour la série des corps que j'ai essayés et qui sont de la forme $C^m H^{2m-1}$, la valeur de ce rapport est une constante particulière à cette série [1].

TABLEAU II

Comparaison entre la constante diélectrique, la densité et le poids moléculaire de la substance

Substances	Poids moléculaire	Densité	K	$\sqrt{K}$	$\frac{\sqrt{K}-1}{d}$	$\frac{K-1}{d}$	$\frac{K-1}{(K+2)d}$
Premier échantillon de *benzine*.	78	$d_{20} = 0,8803$	$K_{20} = 2,3206$	1,5316	0,60	1,500	0,34
Second échantillon de *benzine*..	78	$d_{25} = 0,8756$	$K_{20} = 2,2988$	1,5172	0,59	1,48	0,34
Benzine pure.....	78	$d_{14} = 0,8853$	$K_{14} = 2,2921$	1,5139	0,58	1,459	0,34
Toluène.....	92	$d_{27} = 0,8608$	$K_{27} = 2,242$	1,4949	0,57	1,442	0,34
		$d_{14} = 0,8711$	$K_{14} = 2,3013$	1,5165	0,59	1,49	0,346
Xylène (mélange d'isomères)...	106	$d_{27} = 0,8554$	$K_{27} = 2,2679$	1,5059	0,588	1,475	0,345
Métaxylène.....	106	$d_{12} = 0,8702$	$K_{12} = 2,3781$	1,5421	0,62	1,58	0,36
Pseudo-cumène.....	120	$d_{14} = 0,857$	$K_{14} = 2,4310$	1,5591	0,65	1,66	0,37
Cymène.....	134	$d_{19} = 0,851$	$K_{19} = 2,4706$	1,5716	0,67	1,72	0,38
Essence de térébenthine.....	136	$d_{20} = 0,875$	$K_{20} = 2,2618$	1,5039	0,57	1,44	0,337

(1) Ce travail a été effectué au laboratoire de Recherches physiques à la Sorbonne.

Sur la période variable du courant dans un système électromagnétique, par R. Arnoux (1).

M. Leduc a présenté dernièrement à l'Académie (2), sur ce même sujet, une note à propos de laquelle il me paraît nécessaire de faire quelques réserves.

M. Leduc dit que l'équation différentielle

$$E - iR = \frac{d\varphi}{dt} \tag{1}$$

n'est exacte que si l'on néglige :

1° le retard dans l'aimantation ;

(1) Note présentée à l'Académie des Sciences, le 14 février 1887.

(2) *Comptes rendus*, 31 janvier 1887, p. 286.

2° le magnétisme rémanent ou permanent ;

3° l'énergie transformée en chaleur par les courants induits dans le fer.

Il importe de faire remarquer que ces restrictions sont superflues, que l'équation précédente est toujours vraie, sans restriction aucune, parce que cette équation satisfait toujours au principe de la conservation de l'énergie. En effet, c'est en partant de ce principe même qu'on établit cette équation, en exprimant que le travail correspondant aux forces électromagnétiques est égal, pendant chaque intervalle de temps dt, à l'excès du travail fourni par l'électromoteur sur l'énergie calorifique dépensée dans le circuit, par l'équation

$$(2) \qquad E i\, dt - i^2 R\, dt = i \frac{d\varphi}{dt} dt$$

$\frac{d\varphi}{dt}$ désignant *par définition* la force électromotrice d'origine quelconque qui s'oppose à l'établissement du courant définitif I.

Il est facile de voir que l'équation (1), qui n'est que l'équation (2) simplifiée, tient compte des trois restrictions formulées par M. Leduc.

Cela n'est pas douteux pour l'énergie transformée en chaleur par les courants induits dans le fer, puisque cette énergie est nécessairement prélevée sur le travail développé par l'électromoteur.

Quant au magnétisme rémanent et permanent, et au retard dans l'aimantation, ces causes réagissent nécessairement à chaque instant sur la valeur et la forme de la fonction $\frac{d\varphi}{dt}$.

Il n'est pas douteux qu'il y ait un *retard dans l'aimantation* et que ce retard soit dû aux courants induits qui prennent naissance dans la masse du fer.

En effet, quand on place un cylindre de *cuivre rouge* dans l'intérieur d'une bobine parcourue par un courant alternatif, l'expérience montre que ce cylindre atteint rapidement une température supérieure à celle de la bobine, par suite des courants d'induction développés dans la masse du métal. Le cylindre de cuivre joue donc, dans ces conditions, le rôle d'une seconde bobine placée à l'intérieur de la première et dont tous les circuits seraient termés sur eux-mêmes.

Il résulte de là que ces courants, qui ne circulent évidemment que pendant la période variable du courant inducteur, s'opposent pendant tout ce temps à l'établissement ou à la disparition du flux de force créé par ce courant et provoquent un retard dans l'établissement ou la disparition de ce flux.

Quand on remplace le cylindre de cuivre rouge par un cylindre identique en fer, l'échauffement est encore plus marqué, bien que le fer oppose à la circulation de ces courants d'induction une résistance six fois plus grande, car la variation du flux est en général plus que six fois plus élevée que dans le cas d'un noyau de cuivre [1].

Dans certaines conditions d'excitation, cette valeur peut être dix à treize fois plus grande que dans le cuivre.

La naissance de ces courants provoque donc, comme dans le cas du cylindre de cuivre, un *retard dans l'aimantation.*

M. Froelich, a proposé, il y a quelques années, la relation suivante :

$$F = \frac{m I}{1 + \mu I}$$

qui lie la valeur F du champ magnétique à l'intensité I du courant en régime permanent.

Il me semble que M. Leduc n'a pas été heureux dans le choix de cette formule, d'abord parce qu'elle est en désaccord complet avec l'expérience, pour les petites valeurs de l'intensité, qui sont précisément celles que M. Leduc a employées dans ses expériences, et ensuite par ce que cette formule ne s'accorde, d'ailleurs, avec l'expérience que dans le cas où le courant d'excitation a déjà atteint sa valeur de régime, ce qui n'est pas le cas où se place l'auteur.

J'ai dit plus haut que la relation était en désaccord avec l'expérience pour les petites valeurs de l'intensité. Il résulte, en effet, des travaux de Joule, Wiedemann, Stoletow, Rowland, etc., que la courbe qui lie le flux de force à l'intensité commence par tourner sa convexité vers l'axe des intensités, puis présente un point d'inflexion pour les valeurs moyennes de I et tend ensuite vers un maximum asymptotique.

L'équation de Frœlich représente simplement

[1] La conséquence logique de ces faits d'expérience est que la détermination du coefficient de self-induction d'une bobine à noyau de fer doit être ramenée à celle du coefficient d'induction mutuelle de la bobine et de son noyau.

une hyperbole équilatère passant par l'origine et ayant une asymptote horizontale; elle ne peut convenir que pour des intensités moyennes de courant.

En admettant même que cette relation puisse être appliquée au régime variable du courant, l'équation différentielle à laquelle arrive l'auteur ne peut pas être intégrée entre — I et + i, qui est le cas où l'on renverse le courant dans l'appareil, et qui est précisément celui où s'est placé M. Leduc dans ses mesures.

En effet, l'intégrale à laquelle arrive l'auteur, dans ce cas très complexe, ne peut donner qu'une valeur erronnée du temps, parce que, pour renverser le courant, on est forcément obligé de rompre le circuit, ce qui a pour conséquence de de faire passer la résistance R de ce circuit par toutes les valeurs possibles comprises entre sa valeur actuelle et l'infini.

Or, l'auteur suppose expressément, dans l'intégration de son équation différentielle, que R est une constante.

D'ailleurs M. Leduc n'a pas cherché à vérifier cette formule par l'expérience; il s'est borné à tenter cette vérification dans le cas où le flux est une fonction linéaire de l'intensité. Dans ce cas, il arrive à l'équation

$$t = \frac{S\,m}{R} L \frac{I}{I - i} \tag{3}$$

A ce propos, l'auteur fait remarquer que cette formule et la relation connue

$$t = \frac{L}{R} L \frac{I}{I - i} \tag{4}$$

sont équivalentes. Il importe de remarquer qu'elles sont identiques. Le produit Sm n'est pas autre chose, en effet, que le coefficient de self-induction L de l'équation (4); l'homogénéité de l'équation (3) impose absolument cette condition. Il n'est donc pas surprenant que, dans ces conditions, l'expérience ait fourni à M. Leduc pour le temps t, qui est nécessaire au courant ou au flux pour atteindre les $\frac{99}{100}$ de sa valeur finale, une valeur sensiblement double de la valeur calculée par la formule (3). Cet écart provient surtout de ce que M. Leduc, au lieu d'opérer entre des valeurs moyennes de l'intensité, a opéré entre des valeurs très petites, pour lesquelles, ainsi que nous le faisons remarquer plus haut, le flux varie beaucoup plus vite que l'intensité.

Dans le cas où le coefficient de self-induction L est constant, c'est-à-dire dans le cas où le flux varie proportionnellement à l'intensité, la relation (4) montre que le temps t varie exactement en raison inverse de la résistance totale R du circuit.

Dans le cas où L est variable, le temps t est lié à L par une relation beaucoup plus complexe, que les expériences de M. Leduc ne permettent malheureusement pas d'entrevoir; car, dans les résultats d'expériences qu'il cite à la fin de sa Note, il ne donne pas la valeur de ce paramètre extrêmement important.

Sur l'électrolyse de l'argent et du cuivre, et sur l'application de l'électrolyse à l'étalonnage des galvanomètres, par Thomas Gray (1).

M. Munro, dans sa correspondance d'Angleterre du 13 novembre 1886, a déjà donné quelques détails sur les appareils employés dans le cours des recherches qui forment l'objet de ce travail. Cependant, les résultats obtenus par M. Gray dans cette question importante sont si intéressants, au point de vue des applications de l'électrolyse de l'argent et du cuivre dans les mesures industrielles, qu'il n'est pas inutile de revenir, avec quelques détails, sur ces recherches.

M. Gray a étudié l'électrolyse du nitrate d'argent avec des électrodes d'argent, et du sulfate de cuivre avec des électrodes de cuivre, en recherchant quelles étaient les précautions à prendre, et l'exactitude à laquelle on pouvait prétendre.

Voltamètre. — Le voltamètre avait la forme indiquée par la figure 1. Cette disposition offre plusieurs avantages sur celle de Poggendorf, recommandée par lord Rayleigh.

Le poids total de l'électrode étant très faible, on peut employer une balance très sensible; le polissage et le lavage des plaques est beaucoup plus facile que celui de la tasse de l'appareil de Poggendorf; en outre, si les plaques sont bien préparées, et si leur grandeur est proportionnée à l'intensité du courant, on peut aussi mesurer la perte de poids éprouvée par l'anode et contrôler

(1) *Philosophical Magasine*, 1886, vol. XXII, p. 389.

ainsi l'augmentation de la cathode. Ce contrôle est important dans le cas de l'argent, où le dépôt métallique risque souvent d'être entraîné dans l'opération du lavage.

L'inégale densité de la solution, dans le voisinage des électrodes verticales, ne produit qu'une légère augmentation d'épaisseur du dépôt sur la partie inférieure de la plaque, mais ne cause aucune difficulté sérieuse dans les mesures.

La manipulation du voltamètre à sulfate de cuivre avec électrodes de cuivre en feuille, est beaucoup plus facile que celle du voltamètre à argent; les dépôts que l'on obtient, même avec de grandes variations dans la grandeur des plaques et dans la densité de la solution, sont très adhérents et homogènes, par suite, l'emploi du volta-

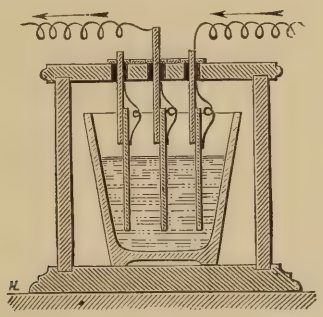


Fig. 1

mètre à cuivre se recommande dans le cas des courants d'intensité variable.

D'un autre côté, pour des courants de 10 à 100 ampères, l'usage de l'argent est exclu, à cause de son prix élevé. Mais, si l'on veut obtenir une haute précision, l'argent est décidément préférable.

Une disposition intéressante à noter est celle qui est employée pour fixer les électrodes dans le bain. L'électrode est simplement pressée contre la tige, à l'aide d'un ressort qui sert en même temps à maintenir un bon contact métallique.

Grandeur des électrodes et densité de la solution. — La grandeur des électrodes peut varier dans de faibles limites pour l'argent, mais, par contre, dans des limites fort étendues pour le cuivre, sans que la qualité du dépôt varie considérablement.

Dans le cas de l'argent, le dépôt est peu adhérent et de grain grossier, si la cathode est trop grande ou trop petite; il faut en tout cas en amoindrir les angles qui favorisent la formation de cristaux saillants. On peut cependant employer une plaque un peu trop petite, c'est-à-dire une densité de courant un peu trop grande, si le passage du courant est de courte durée; mais l'adhérence du dépôt est encore incertaine.

On obtient les meilleurs résultats avec une solution contenant 5 o/o en poids de nitrate d'argent et une cathode dont la surface peut varier de 200 à 600 c. m². par ampère. Dans ce cas, si les plaques sont bien nettoyées, le dépôt est très compact, de grain très fin et il adhère fortement à la surface de l'électrode.

On peut diminuer légèrement les dimensions de la cathode lorsqu'on augmente la densité de la solution; le dépôt est alors plus grossier et adhère moins fortement. A la suite d'essais faits avec des solutions dont la teneur en nitrate d'argent variait de 3 à 30 o/o, on a trouvé que les solutions variant de 4 à 10 o/o donnaient les résultats les plus sûrs.

La perte de l'anode qui remplace, dans la solution, l'argent déposé sur la cathode, doit nécessairement être égale à l'augmentation de poids de cette dernière. Si l'anode est petite, sa surface devient molle et spongieuse; si la densité du courant excède une certaine valeur, elle noircit, et la résistance de la cuve électrolytique varie par suite d'un dégagement de gaz. Il convient que l'anode soit passablement plus grande que la cathode, parce que sa surface reste alors brillante et dure, en sorte qu'on peut facilement la laver et la peser, si cela est nécessaire.

La densité du courant ne doit pas dépasser 1 ampère par 400 centimètres carrés; elle doit être plutôt moindre si la plaque doit être pesée. Si l'on emploie, à diverses reprises, une plaque d'argent comme anode, elle se ramollit et perd son élasticité; il est utile de la chauffer au rouge entre deux expériences, afin de lui conserver sa rigidité et d'éviter des pertes de poids.

Dans le cas du voltamètre à cuivre et sulfate de cuivre, la grandeur de la cathode ne doit pas être inférieure à 20 centimètres carrés par ampère; si le courant passe pendant plusieurs heures, sa superficie doit être portée à 50 centimètres carrés par ampère.

A la limite supérieure de la densité du courant (1/50 d'ampère par centimètre carré, le dépôt a une légère tendance à devenir trop épais et gros-

sier aux angles ; ce défaut diminue rapidement avec la densité du courant.

Lorsque les plaques sont assez grands, la densité du courant, pour laquelle une formation irrégulière du dépôt a lieu, n'est jamais atteinte et le dépôt est aussi régulier aux angles qu'ailleurs. C'est précisément la facilité avec laquelle on obtient un dépôt uniforme et solide de cuivre, qui recommande l'emploi de ce métal dans l'usage ordinaire des mesures électrolytiques.

L'anode se comporte en général comme celle d'argent, mais n'a pas de tendance à perdre son élasticité.

Si la densité du courant à l'anode excède un quarantième d'ampère par centimètre carré, le courant peut devenir variable et cesser tout à-fait, même en employant une force électromotrice de 25 volts; cette anomalie provient d'une résistance excessive à la surface de l'anode. Dans presque tous les cas, il reste à la surface de l'anode une poudre brune qui augmente avec la densité du courant et qui dépend de la nature de la plaque.

L'influence de la densité de la solution de sulfate de cuivre est très faible tant qu'elle ne tombe pas au-dessous de 1,05, sinon, le dépôt devient moins adhérent. Il y a cependant un plus grand danger d'oxydation du dépôt dans le cas d'une solution faible non acide, car elle est plus facilement saturée de cuivre. Une densité de 1,05 à 1,18 répond parfaitement à toutes les exigences.

Préparation des plaques. — C'est l'opération la plus importante, et qui demande à être faite avec le plus de soins. L'auteur emploie toujours le procédé suivant pour préparer les plaques d'argent.

On commence d'abord par arrondir les angles puis on polit la surface avec du sable fin, afin d'enlever la couche qui a été en contact avec les rouleaux du laminoir ; on rince ensuite la plaque dans un courant d'eau ou de vapeur et on la lave avec de l'eau et du savon ; on la place pendant quelques minutes dans une solution bouillante de cyanure de potassium, après quoi on la lave à l'eau claire, en ayant soin de ne pas la toucher avec les doigts. On la sèche ensuite de façon à ce que la surface ne soit pas altérée et on pèse après avoir attendu que la plaque soit revenue à la température ambiante, afin de ne pas commettre d'erreur dans la pesée.

La préparation des électrodes de cuivre se fait d'une manière analogue. Après avoir arrondi les angles de la plaque, on la polit avec du tripoli et on la lave dans de l'eau courante ; après l'avoir bien essuyée avec un linge propre, on la place dans le bain électrolytique et on la recouvre d'une fine couche de cuivre, en ayant soin de régler le courant à l'intensité qu'il devra avoir dans l'essai définitif. On enlève ensuite la plaque du bain, on la lave à l'eau courante, on la sèche avec du papier buvard et à l'air chaud, on la pèse et on continue l'opération, si le dépôt est bon.

Lorsqu'on a plusieurs essais à faire, il suffit de régler la plaque une fois pour toutes. Si la plaque de cuivre est simplement oxydée, mais exempte d'autres impuretés, ce qui est, en général, le cas pour les feuilles neuves, il suffit de la décaper dans l'acide nitrique et de la laver ensuite dans de l'eau, additionnée de quelques gouttes d'acide sulfurique pour prévenir l'oxydation.

Lavage du dépôt. — Voici la méthode employée pour les plaques d'argent : On enlève l'électrode du bain et on la place dans un baquet plein d'eau distillée, en ayant soin qu'aucune particule du dépôt ne se détache ; on agite l'eau du baquet pour enlever la solution de nitrate d'argent qui est encore adhérente et on renouvelle cette opération encore une ou deux fois dans de l'eau ordinaire.

Il est de la plus haute importance de n'employer que de l'eau fraîchement distillée pour le premier lavage de la plaque, car la moindre impureté entraînerait des erreurs, on sèche ensuite la plaque entre deux feuilles de papier buvard et à l'air chaud, et on pèse.

Le lavage du dépôt de cuivre nécessite beaucoup moins de soins, car il est très adhérent, si la plaque est un peu grande relativement au courant employé. Il faut cependant ne pas laisser la plaque trop longtemps à l'air, avant d'avoir lavé le sulfate de cuivre, car elle risque de s'oxyder rapidement. On la rince dans de l'eau légèrement acidulée et ensuite dans de l'eau ordinaire.

On la sèche ensuite comme celle d'argent, mais si on a employé un courant un peu trop intense pour les dimensions de l'électrode, on peut omettre le séchage au papier buvard à cause des pertes ; on le remplace alors avantageusement en plongeant la plaque dans l'alcool ou l'éther. C'est cette manière de procéder qui a

toujours été utilisée pour les plaques ayant servi comme anodes.

Pertes de poids des électrodes dans la solution. — Il n'a pas été possible d'observer des changements appréciables dans le poids d'une plaque d'argent pur plongée pendant un temps plus ou moins long dans une solution de nitrate d'argent dont la densité variait entre 1,05 et 1,30, et qui ne renfermait aucune trace d'acide.

Toutes les plaques de cuivre par contre, plongées dans la solution de sulfate de cuivre ont présenté une perte considérable. La solution de sulfate de cuivre a varié dans ces recherches entre 1,05 et 1,20 ; elle était tantôt absolument neutre, tantôt légèrement acide. Les plaques de cuivre étaient en cuivre de grande conductibilité ou en cuivre ordinaire, recouvert d'une fine couche de cuivre électrolytique. Les résultats obtenus pour des solutions de densité 1,05, 1,10, 1,15 et 1,20 pendant une période de 72 jours, sont représentés graphiquement par les courbes des fig. 2 à 5, dans lesquelles les ordonnées représentent la perte de poids, par centimètre carré de surface de la plaque et par heure, exprimée en centièmes de milligrammes.

Un simple coup-d'œil sur les courbes montre combien cette perte de poids varie d'un cas à l'autre.

Elle est plus grande, au commencement de l'immersion, dans les solutions faibles que dans es solutions concentrées et semble être minimum pour les densités de 1,10 à 1,15.

La quantité d'acide libre de la solution n'a pas d'influence sensible pour les fortes densités; elle tend par contre à retarder plutôt qu'à accélérer cette action pour les densités de 1,15 à 1,10.

On voit que la perte ne dépasse jamais 2 centièmes de milligrammes par centimètre carré et par heure, ce qui, pour une plaque de 50 centimètres carrés donnerait une perte de 0,25 milligrammes seulement par heure. Or le cuivre qui se dépose sur cette plaque pendant une heure sous l'influence d'un courant de 1 ampère pèse 1,2 grammes; l'erreur provenant de ce fait ne dépasse donc pas 1/3000.

Dans une solution neutre la plaque perd d'abord de son poids ; après un temps suffisamment long, elle augmente rapidement par suite de l'oxydation jusqu'à ce qu'elle soit couverte d'une couche d'oxyde brun ; l'accroissement de poids reste ensuite constant pendant quelques jours pour augmenter ensuite, en même temps qu'il se forme de l'oxyde hydraté qui recouvre la plaque d'une couche verte. Les courbes 6 et 7 donnent la marche du phénomène pour des densités égales à 1,20 et 1,15.

Fig. 2. — Solution acide : densité = 1.05

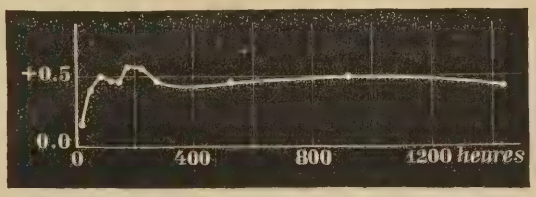


Fig. 3. — Solution acide : densité = 1.10

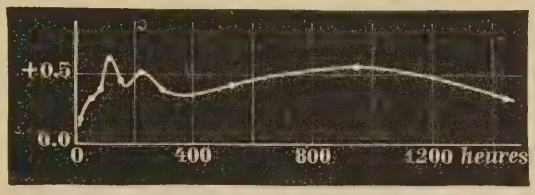


Fig. 4. — Solution acide : densité = 1.15

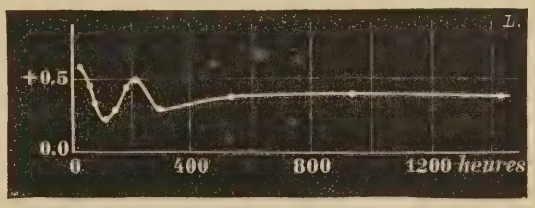


Fig. 5. — Solution acide : densité = 1.20

Equivalent électro-chimique de l'argent. — Les parties en laiton du galvanomètre employé ayant été reconnues faiblement magnétiques, les nombres obtenus qui oscillent entre 0,0011182 et 0,0011183, n'ont donc pas l'exactitude que l'on est en droit d'exiger dans les mesures de ce genre. C'est pourquoi l'auteur a adopté pour la valeur de l'équivalent électrochimique de l'argent, la

moyenne des nombres de Kohlrausch et de Lord Rayleigh, c'est-à-dire 0,001118.

Rapport des équivalents électrochimiques de l'argent et du cuivre. — L'influence de la densité de la solution sur la quantité de métal déposée n'a pas pu être constatée d'une façon bien certaine.

Un grand nombre de mesures ont été faites pour étudier l'effet de l'acidité de la solution de sulfate de cuivre.

On a trouvé que les solutions absolument neutres donnent des résultats un peu trop élevés; on peut expliquer ce fait par la formation de sous-sulfates de cuivre qui donnent alors le double de cuivre que le sulfate ordinaire, ou surtout par l'oxydation de la plaque, ainsi qu'on là constaté à diverses reprises.

L'addition d'une faible quantité d'acide rend les résultats beaucoup plus concordants entre eux.

Divers échantillons de sulfate de cuivre du commerce et de sulfate pur ont donné les mêmes résultats. Le tableau suivant montre l'influence d'un emploi répété de la même solution et d'une plus ou moins grande densité du courant.

Numéro de l'expérience	Rapport de l'équivalent électro-chimique du cuivre à celui de l'argent		Remarques
	Plaque de 50 c.m. car. par ampère	Plaque de 240 c.m.car. par ampère	
1	0.2939	0.2930	Solutions fraiches.
2	0.2944	0.2929	Solutions interverties.
3	0.2941	0.2935	Solutions comme au n° 2.
4	0.2942	0.2939	— —
5	0.2944	0.2942	— —
6	0.2947	0.2932	Solut. interverties de nouveau.
7	0.2940	0.2934	Nouvelles solut. déjà employées.
8	0.2941 2940	0.2930 0.2929	Solutions fraîches légèrement acidulées.

En négligeant les mesures 2 à 6, le rapport cherché est 0,2940 pour les fortes densités de courant, et 0,2931 pour les faibles densités. Ces chiffres concordent très bien avec ceux qui

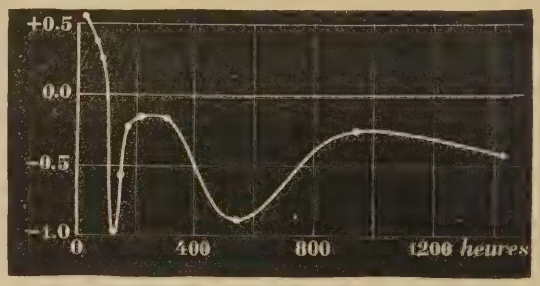


Fig. 6. — Solution neutre : densité = 1.20

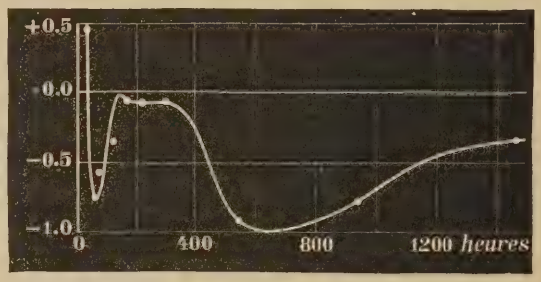


Fig. 7. — Solution neutre : densité = 1.15

ont été obtenus en faisant passer un courant de 0,0997 ampères pendant trois heures et en mesurant le dépôt de cuivre sur les électrodes dont la

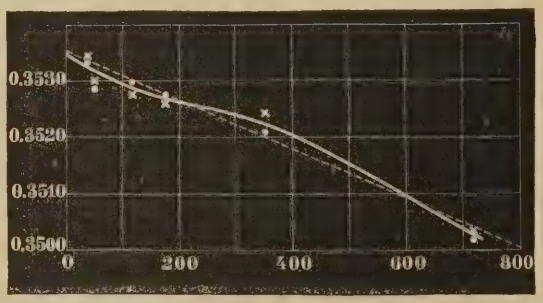


Fig. 8.

surface variait de 3 à 70 centimètres carrés. Les résultats donnés par deux expériences distinctes sont consignés dans la figure 8, où les abscisses sont les surfaces des cathodes correspondant à un ampère et les ordonnées le poids, en gramme, de cuivre déposé. La courbe pleine donne la moyenne des résultats, la droite pointillée la loi linéaire qui semble régir ce phénomène.

On trouve ainsi, en adoptant la valeur indiquée précédemment pour l'équivalent électro-chimique de l'argent, qu'un coulomb dépose 0,0003287 grammes de cuivre, si la cathode a une surface de 50 centimètres carrés par ampère ; on peut donc, en chiffre ronds, admettre *0,0003290* comme équivalent électro-chimique du cuivre ; mais il est bon de tenir compte de la grandeur de l'électrode, à l'aide de la relation indiquée par la figure 8.

La différence entre le gain de la cathode et la perte de l'anode dépasse les limites de l'erreur possible, provenant des variations de poids des électrodes plongées dans la solution de sulfate de cuivre. On trouve que la perte de poids de l'anode aug-

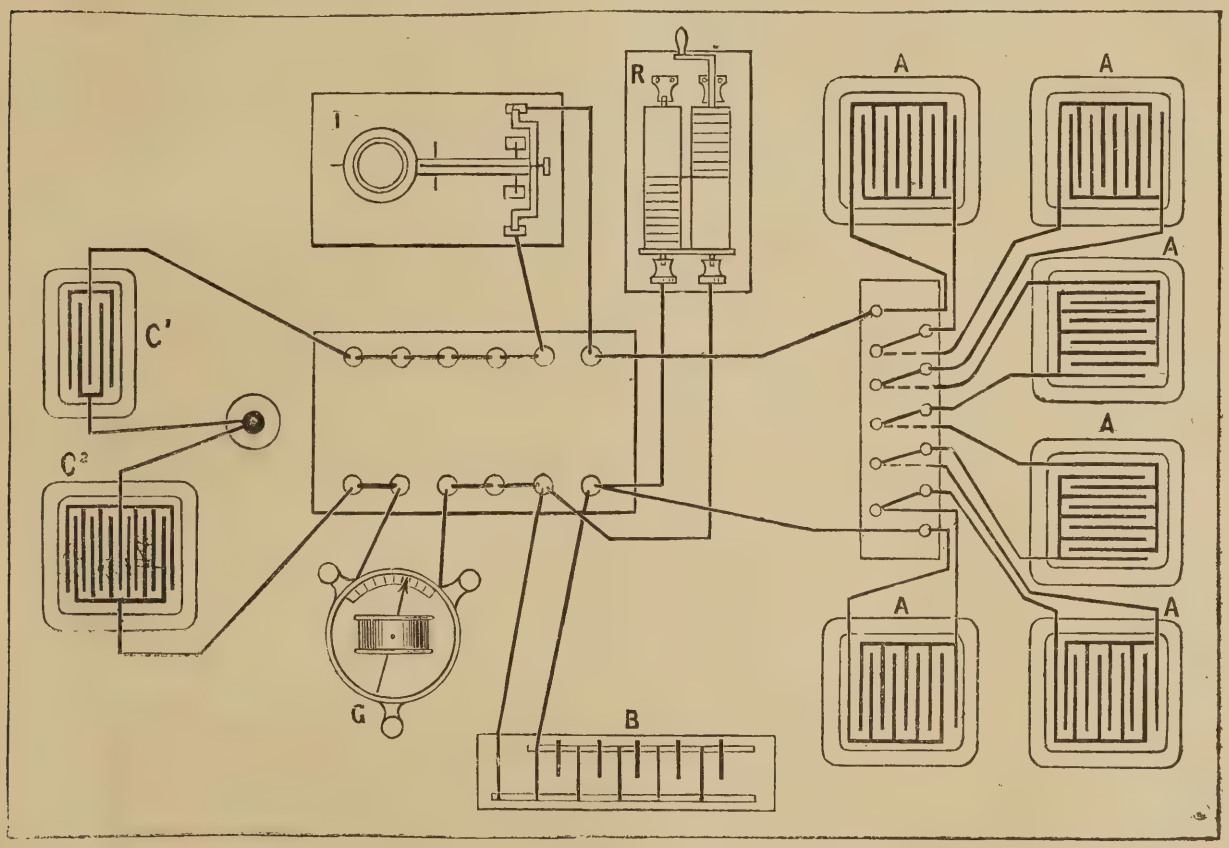


Fig. 9

mente par le passage du courant. Il faut donc dans les mesures n'utiliser que l'augmentation de poids de la cathode.

Si l'on appelle g le gain de la cathode, p la perte de l'anode, s_a et s_c leurs surfaces respectives, l'influence du passage du courant sur ces quantités p et g est telle que l'expression

$$g + \frac{g - p}{s_a + s_c}$$

représente une quantité très constante pour les solutions les plus diverses, quoique un peu trop grande pour servir aux calculs.

Installation pour l'étallonnage des galvanomètres. — La figure 9 donne le plan de l'installation pour l'étalonnage des instruments destinés à mesurer des courants de plusieurs dixaines ou centaines d'ampères. Les accumulateurs C de la *Electric Power Storage Company*, sont mis en circuit à l'aide de fortes pièces de cuivre et du commutateur à godets de mercure *m*. La batterie, chargée et reliée comme l'indique la figure, peut donner un

courant de 200 ampères pendant 10 heures. Le commutateur est relié à un tableau de distribution; R est un rhéostat intercalé entre les bornes 1 et 2, D est un commutateur, G un galvanomètre, E le bain électrolytique et B le galvanomètre à étalonner. On règle l'intensité du courant pendant les mesures à l'aide du rhéostat R avec une grande facilité et avec une grande exactitude; si l'instrument que l'on doit étalonner n'est pas assez sensible pour accuser les faibles variations du courant, on les observe au galvanomètre G qu'on intercale alors dans le circuit.

En 10 secondes, on peut régler le rhéostat R de façon à avoir exactement l'intensité du courant pour laquelle on veut étalonner directement; l'erreur commise pendant ce temps étant supposée de 5 o/o, l'erreur totale ne dépasse pas 1/70 o/o, puisque l'électrolyse se continue généralement pendant 1 heure.

Sur l'équation fondamentale de l'induction produite par des aimants en rotationet sur une nouvelle classe de phénomènes d'induction, par E. Budde (1).

On sait que si l'on relie, par un fil, deux points d'un aimant animé d'un mouvement de rotation, ce fil est parcouru par deux courants électriques superposés. L'un d'eux est constant, et analogue à celui que l'on observe dans le cas des inductions unipolaires; son origine est due à l'influence de la répartition moyenne stationnaire du magnétisme autour de l'axe de rotation. L'autre courant, produit par la répartition irrégulière du magnétisme dans l'aimant, est périodique.

L'auteur étudie l'équation fondamentale de l'induction, qui donne lieu au courant stationnaire, en partant successivement des trois lois élémentaires de Weber, de Clausius et de Riemann; il arrive, malgré les différences capitales des hypothèses, à des résultats expérimentaux identiques.

De longs développements mathématiques l'amènent à mettre le potentiel qui résulte de l'induction permanente produite par la rotation de l'aimant sous la forme :

$$U = N_z + U_p$$

d'où M. Budde conclut que l'on peut diviser l'induction en deux parties, l'une donnée par U_z, est produite sous l'influence des forces magnétiques parallèles à l'axe de rotation; c'est l'induction *axiale*. L'autre est engendrée par les forces magnétiques perpendiculaires à cet axe; c'est l'induction *radiale*.

Cette deuxième partie de l'induction totale forme une nouvelle classe de phénomènes qui n'ont donné lieu, jusqu'à présent, à aucune observation.

L'auteur a effectué quelques mesures pour démontrer l'existence de cette induction radiale et il y est parvenu, malgré l'imperfection des appareils dont il disposait.

Dr A. P.

(1) *Annales de Wiedemann*. 1886, vol. XXIX, p. 358.

Lois électrodynamiques, par E. Budde (1)

MM. W. Weber, Riemann et Clausius, ont donné chacun une formule exprimant l'action élémentaire de deux masses électriques dans un état quelconque, et permettant de déduire l'ensemble des faits connus en partant de ces seules lois. On a fait un grand nombre d'objections contre l'une ou l'autre de ces formules sans avoir cependant pu démontrer par des faits positifs que l'une quelconque d'entre elles, soit exacte ou fausse.

Rappelons rapidement ces lois. Weber considère l'action élémentaire φ de deux masses électriques e et e', situées à la distance r, et la définit par la formule :

$$\varphi = -\frac{ee'}{r^2}\left[1 - \frac{1}{2C^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{r}{C^2}\left(\frac{d^2r}{dt^2}\right)\right]$$

dans laquelle C est une constante de l'ordre de la vitesse de la lumière.

D'après Riemann, le potentiel des deux masses électriques est défini par l'équation :

$$V = ee'\frac{r^2}{C^2}\frac{d}{dt}\frac{d'}{dt}\left(\frac{1}{r}\right)$$

et selon Clausius, le potentiel est :

$$V = \frac{2}{C^2}\frac{ee'}{r^2}vv'\cos\varepsilon$$

v et v' étant les vitesses des deux particules électriques, ε l'angle de ces deux vitesses.

M. Budde a recherché systématiquement si l'expérience peut donner un moyen sûr de décider

(1) *Annales de Wiedemann*, 1887, vol. XXX, p. 186.

entre ces trois théories. A cet effet, il calcule, en partant de chacune d'elles, les résultats que donne raient certaines expériences ; en comparant ces résultats avec ceux fournis par l'observation, on peut voir laquelle de ces lois s'accorde le mieux avec les faits observés.

Voici les résultats auxquels arrive l'auteur.

Il existe un certain nombre d'expériences permettant de décider entre les trois théories fondamentales ; les meilleures sont :

a) Charge et décharge d'un corps métallique creux dans lequel un aimant est suspendu à un fil de cocon, de manière que son axe magnétique soit vertical. Cet aimant n'éprouvera aucune action, d'après Clausius ; il subira, d'après Weber, une impulsion tendant à le faire tourner, et d'après Riemann, cette impulsion sera trois fois plus forte.

b) Oscillations rotatoires d'un aimant isolé, de grandes dimensions, relié à la terre, par l'extrémité de son axe, au moment où il atteint sa plus grande vitesse. D'après Riemann, il sera chargé électriquement lorsqu'il reviendra au repos ; d'après les autres lois il ne possèdera aucune charge.

c) Rotation d'un disque fortement électrisé, analogue à celui de l'expérience de Rowland, en présence d'un anneau de fils conducteurs, placé de façon à ce que son méridien passe par l'axe ; d'après Weber, un courant uniforme est engendré dans l'anneau, tandis que les autres théories ne donnent rien ;

d) Rotation d'un multiplicateur circulaire dans un champ magnétique ; l'axe de rotation étant horizontal, si l'on suspend dans le plan horizontal passant par cet axe un corps léger électrisé, il sera dévié, d'après Weber, et restera au repos, d'après Riemann et Clausius.

Dr A. P.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

Cables concentriques doubles de Siemens et Halske. — Dans la séance de janvier de la Société Electrotechnique, de Berlin, M. l'ingénieur en chef Frischen a fait une conférence intéressante sur les nouveaux câbles doubles concentriques, construits par la maison Siemens et Halske.

Pour obtenir un fonctionnement régulier des câbles souterrains, il a toujours été nécessaire de se prémunir contre les inconvénients qui résultent de l'induction provenant de conducteurs parallèles. Les perturbations réciproques entre les circuits téléphoniques et télégraphiques et ceux de lumière électrique, sont bien connues.

Il y avait toujours eu jusqu'à présent des difficultés sérieuses à vaincres, dans la fabrication des gros câbles pour les canalisations de lumière électrique, puisque ces conducteurs doivent avoir une section assez grande et que, néanmoins, il faut qu'ils soient assez flexibles pour être enroulés sur des tambours avant d'être posés.

M. Frischen a montré à la séance un câble d'une section transversale de 780 millimètres carrés, qui était parfaitement flexible. Actuellement, on a même trouvé moyen de fabriquer des câbles flexibles jusqu'à des sections transversales de 1000 millimètres carrés, et jusqu'à une longueur de 100 mètres.

Il ne serait pas impossible de construire des câbles d'une section transversale encore plus grande, mais dans les cas où cela serait nécessaire, il y aurait avantage à poser deux câbles parallèles, donnant ensemble la section voulue. Ici les questions importantes sont la conductibilité et l'isolation parfaite.

En général, ces conducteurs ne donneront pas lieu à une forte induction, relativement à d'autres conducteurs [1]. Mais, quand on emploie les courants alternatifs, les effets de l'induction entrent en jeu, et cela d'autant plus, qu'ici on a toujours affaire à des courants assez intenses.

Si un conducteur est traversé par un courant alternatif, et s'il produit dans une ligne secondaire un courant d'induction, une partie de l'énergie électrique dans le premier fil est détruite par la réaction dans le fil secondaire. Il s'agit donc, non seulement de détruire l'effet nuisible de l'induction, mais aussi d'éviter une perte de travail. On arrive à ce résultat en posant les fils d'aller et de retour tout près l'un de l'autre, ou,

(1) Ceci nous paraît en opposition avec une expérience connue ; les courants dits continus donneraient lieu, en effet, à une induction plus forte, sur un circuit téléphonique placé dans le voisinage, que ce ne serait pas le cas avec des courants alternatifs. N. D. L. R.

encore mieux, en les enroulant l'un sur l'autre en forme de spirale.

M. Frischen a montré à la séance quelques câbles construits d'après ce principe (fig. 1).

Jusqu'ici les fabricants de câbles de lumière ont essayé de tirer tout l'avantage possible de l'espace dans l'intérieur du câble, en employant quatre âmes (fig. 2), dont deux sont toujours reliées pour former une ligne; mais, comme on peut le voir, cette disposition donne encore lieu à un assez grand espace inactif.

Les nouveaux câbles de Siemens et Halske sont arrangés concentriquement. Un câble est placé dans la partie centrale, et les autres sont enroulés annulairement tout autour; le tout est enveloppé ensuite par une chemise de plomb. Ici il n'y a point d'espace inactif; la chemise de plomb est plus petite que dans les câbles de l'ancien système (fig. 2), et les frais de fabrication sont réduits proportionnellement.

Mais l'emploi de câbles doubles concentriques a encore un autre avantage.

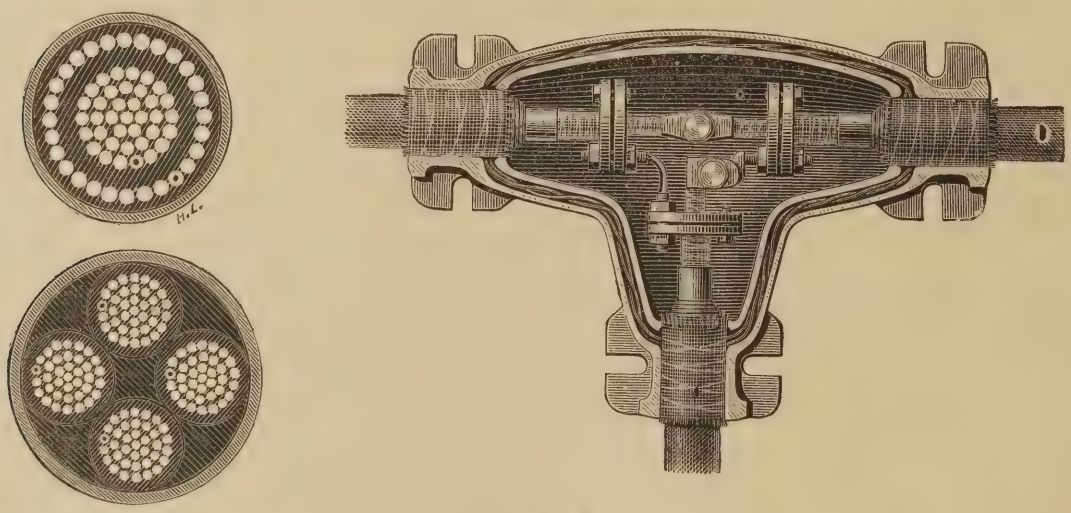


Fig. 1, 2 et 3.

Les câbles simples sont renfermés dans un tuyau en fer, ou bien munis d'une armature en fer. Par suite de cette disposition, des courants sont induits dans cette armature, ce qui donne lieu à une perte de travail électrique.

Les câbles doubles concentriques peuvent être posés sans aucune crainte dans des tuyaux de métal; ils ne donnent pas lieu à la moindre perte de travail. Ces câbles ont une résistance d'isolation remarquable; on peut garantir une isolation de 1000 ohms par kilomètre (en tenant compte des raccordements); ce chiffre n'a jamais été atteint avec d'autres câbles.

Dans la pose de ces câbles, il faut surtout se prémunir contre l'action de l'humidité.

La figure 3 montre une des formes employées pour les greffages, et les manchons en fonte, qui recouvrent le double joint.

Notre collaborateur E. Dieudonné a déjà eu l'occasion de parler des câbles de *Siemens*, et pour les autres types de joints, nous renvoyons le lecteur à la description qu'il en a donné [1].

Jusqu'à la fin de l'année dernière, on a posé à peu près 25 kilomètres de ces câbles doubles concentriques, entr'autres, 12 kilomètres à Rome, 300 mètres à Lucerne, 10 000 mètres à Turin, et 1300 mètres à Milan. Partout, ils ont donné d'excellents résultats.

Nouvel élément galvanique. — M. Aron emploie avec un élément zinc-cuivre et un liquide alcalin, de l'oxyde de mercure comme dépolarisant, au lieu de l'oxyde de cuivre.

L'oxyde de mercure abandonne facilement son oxygène, et il est insoluble dans les alcalis. Les traces minimes qui se dissolvent ont, en outre, un effet favorable en ce qu'elles protègent le zinc

(1) Voir *La Lumière Électrique*, 1886, vol. XXII, p. 88.

au contraire du cuivre qui engendre des courants locaux), de sorte que la consommation du zinc est diminuée.

Mais cependant, l'élément à l'oxyde de mercure a le désavantage d'être plus coûteux et moins constant que celui à oxyde de cuivre. Par contre, il possède une force électromotrice de beaucoup supérieure, (1,3 volt au lieu de 0,7 volt).

On peut améliorer la constance de cet élément en mêlant à l'oxide de mercure des déchets de fer, qui offrent une surface dépolarisante plus grande.

L'oxyde de mercure peut être employé en poudre, ou bien il peut être produit dans l'élément même, par la décomposition d'un sel de mercure en présence de l'alcali. Comme l'oxyde de mercure est soluble dans l'ammoniaque, on peut employer celle-ci au lieu de la soude ou de la potasse; mais il faut toujours ajouter une petite proportion de ces derniers pour rendre le liquide conducteur.

Développement d'électricité dans la fabrication du chocolat. — Dans une fabrique de chocolat, à Leipsic, on a observé un développement d'électricité, au moment où le chocolat est retiré des formes, où il a été coulé. On peut même sentir la décharge en maniant le chocolat.

Cette électricité a la même origine que celle qui se développe dans l'électrophore; au lieu du pain de résine fouetté par la peau de chat, on a une masse de cacao qui, après s'être refroidie, est retirée des formes métalliques et qui, à ce moment, développe de l'électricité.

Les blocs chauds de chocolat peuvent même fournir de petites étincelles.

En chargeant des bouteilles de Leyde, on obtenait un emmagasinement considérable d'électricité. Il est très probable que la cause principale de ce phénomène est le refroidissement graduel de la masse de chocolat.

Dr H. Michaelis

Angleterre

Les études téléphoniques du professeur S. P. Thompson. — A l'une des dernières séances de la *Society of Telegraph Engineers and Electricians*, le professeur Silvanus P. Thompson a rendu compte de ses derniers travaux en téléphonie, qui l'ont conduit, entr'autres, au transmetteur connu sous le nom de téléphone *valve*, et au *dynamo-téléphone* comme récepteur.

Dans des lettres antérieures j'ai déjà donné la description de ces deux appareils, de sorte qu'il n'y a pas lieu d'y revenir aujourd'hui; cependant quelques détails sur ces expériences méritent d'être notés.

Le professeur a insisté sur les inconvénients que présentent les diaphragmes et les lames élastiques dans les transmetteurs téléphoniques; un diaphragme ayant une note fondamentale basse, produit une espèce de bruit sourd, qui n'est pas un effet de la voix elle-même, et un diaphragme avec une note fondamentale élevée rend la voix trop criarde. Les lames donnent lieu également à des sons propres. De plus, une interruption du courant,

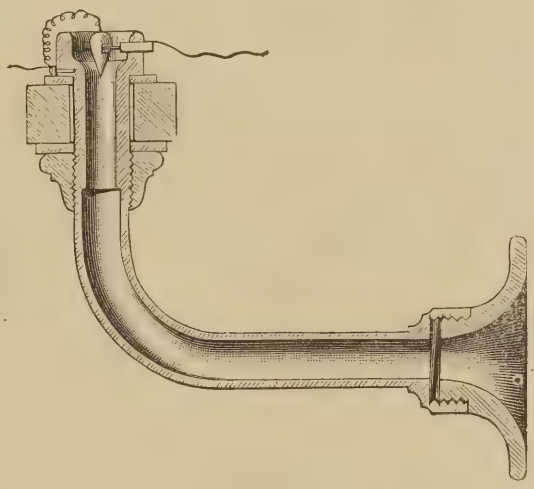


Fig. 1

causée par une émission brusque de la voix, produit dans le récepteur un claquement, à moins qu'on ne supprime l'étincelle de l'extra-courant.

Dans le téléphone *valve* (fig. 1) une boule de charbon ou d'un alliage métallique repose sur trois contacts en charbon ou en métal, à l'extrémité d'un petit tube acoustique. Le tube remplace le diaphragme et l'appareil ne renferme pas de ressorts. De plus les bruits provenant de l'étincelle d'extra-courant sont supprimés par l'emploi de la bobine d'induction à enroulement différentiel, dont j'ai déjà parlé.

Pour la téléphonie à grande distance, le professeur Thompson a construit un transmetteur renfermant 108 microphones du type à crayons. Ceux-ci sont disposés en 54 groupes en quantité.

Les crayons étant placés en séries de deux, ils forment 12 groupes, de manière que le tout rappelle la forme d'une grille, et les vibrations de la voix sont communiquées aux crayons au moyen d'une tige centrale et verticale attachée au milieu d'un diaphragme en mica d'un diamètre de 12,5 centimètres.

M. Thompson a obtenu de bons résultats avec ce transmetteur, mais si on augmente le nombre des grilles, le diaphragme ne permet plus une amplitude du mouvement suffisante. L'auteur a donc cherché à obtenir mécaniquement, l'énergie nécessaire au moyen d'une disposition analogue au *motographe* d'Edison.

Un rouleau à frottement tourne lentement, en appuyant contre un prolongement de la tige qui supporte les barreaux centraux des microphones, et les agitant d'un mouvement de va-et-vient. La voix agit sur les surfaces de frottement et affecte les périodes du mouvement.

Quant au fait bien connu que la chaleur renforce l'action des microphones, le professeur Thompson a constaté qu'il suffit de chauffer un des contacts. Il a également trouvé qu'un globule d'eau acidulée à l'état sphéroïdal forme un microphone avec une plaque métallique chaude par laquelle elle se trouve. Selon le Dr G. S. Stoney, les particules de vapeur dans ce phénomène transportent de l'électricité, comme le font les molécules du gaz à l'état *radiant* d'un tube purgé de gaz.

L'étude de cette question a amené le professeur Thompson aux deux théories du microphone que l'on admet actuellement : l'une qui attribue son action aux changements de résistance de la matière sous l'action de la pression, l'autre qui attribue l'effet du microphone à une variation du nombre des contacts moléculaires.

La première théorie est aujourd'hui pratiquement abandonnée, et M. Thompson a longuement insisté sur les preuves qui semblent démontrer que la seconde est également imparfaite. Elle ne tient aucun compte des décharges qui ont lieu dans les petits intervalles entre les contacts. Ces remarques du professeur Thompson, entraînent une autre théorie dont il n'a pas parlé et d'après laquelle, ces interstices entre les contacts joueraient un rôle aussi important que les vibrations de ceux-ci. Mais le professeur Thompson n'a jeté aucune nouvelle lumière sur ce phénomène obscur ; il s'est contenté de montrer les défauts de la théorie des contacts moléculaires variables.

Il a fait remarquer que les vibrations d'un certain son peuvent s'arrêter pendant un moment sans produire aucune discontinuïté du son dans notre oreille. Si l'on prononce par exemple la voyelle *a* devant un téléphone, le récepteur à l'autre bout de la ligne continuera à émettre le même son, même en cas d'interruption des impulsations électriques qui le produisent.

Le professeur Thompson a essayé de remplacer le charbon du microphone par un grand nombre de minéraux divers, dont plusieurs ont donné de bons résultats, comme par exemple, l'arsenic natif, le mispikel, l'ilménite, l'allimonite (titanate de fer) les cristaux noirs de minerai de fer miroitant, la magnétite, le fer micacé, la cloanthite, la pentlandite, la clausthalite, etc.

Le cuivre traité avec le tellure ou le sélénium ou avec un mélange de soufre et de sélénium, a également donné de bons résultats. Un bronze dur et cassant formé de cette manière donne une articulation remarquablement nette, mais la surface, qui à l'origine est très brillante, se ternit facilement par suite de la formation d'une couche, formée probablement d'acide sélénique, qui donne lieu à un sifflement curieux. Des contacts en osmium, en palladium et en nickel donnent de bons résultats. Le charbon et le cuivre sélénié permettent des amplitudes de vibrations plus grandes que les métaux ordinaires sans aucune interruption du courant.

Le cuivre selenié et les chalco-pyrites demandent une pression initiale plus grande aux contacts que le charbon.

Quant aux récepteurs, le professeur Thompson pense que la goutte sphéroïdale peut également en tenir lieu. Il a aussi trouvé que deux fils de fer rapprochés, tendus sur un résonnateur et traversés par le courant, peuvent servir de récepteur ; mais leur note naturelle interfère avec la voix. On peut aussi construire un récepteur avec deux noyaux de fer parallèles qui se repoussent mutuellement, lorsqu'ils sont aimantés d'une manière semblable.

A propos du téléphone-dynamo, l'auteur croit que tous les principes qui entrent en jeu dans la transmission électrique de l'énergie, se manifestent également là avec certaines restrictions.

Tous les principes appliqués aux dynamos pour éviter des courants parasites, la self-induction, les pertes de lignes de force magnétiques, etc., s'ap-

pliquent également aux récepteurs téléphoniques. C'est ce principe qui a servi de point de départ pour plusieurs des récepteurs magnétiques inventés dernièrement par le professeur Thompson, où le circuit magnétique se rapproche de celui des machines dynamos.

Au cours de la discussion qui a suivi cette conférence, M. W. H. Preece, a annoncé qu'il avait tout dernièrement fait des expériences sur une nouvelle ligne téléphonique en fil de cuivre, entre Hanwell et Nevin, sur la côte du pays de Galles, et sur une distance considérable. La résistance du fil était d'environ 3,6 ohms par kilomètre ; la transmission de la parole était admirable, les consonnes sifflantes, entr'autres étaient parfaitement rendues. D'après lui, et c'est aussi l'opinion de tous ceux qui se sont occupés de cette question, la téléphonie à grande distance dépend beaucoup plus de la qualité des lignes que des appareils employés ; le remplacement du fer et de l'acier par le cuivre ou ses dérivés, s'impose pour les grandes distances.

J. Munro

États-Unis

L'usine de la compagnie Cowles a Lockport (New-York). — Nous avons déjà décrit le procédé de fusion électrique employé par la *Cowles Electric Smelting and Aluminum C°*, mais nous n'avons pas encore parlé de l'installation de force nécessaire pour faire fonctionner les énormes dynamos employées dans ce procédé, et qui cependant présentent un grand intérêt ; nous revenons aujourd'hui sur ce sujet.

Les usines sont situées à Lockport (New-York) à environ 40 kilomètres des chutes du Niagara ; c'est le canal de l'Erié qui fournit la force motrice.

La figure 1 ci-dessus est une vue générale des usines. Dans la moité de gauche du bâtimen principal, le rez-de-chaussée est occupé par les turbines, tandis que le premier étage contient les dynamos et l'atelier des machines. L'autre moitié est occupée seulement par les fours électriques.

Dans l'annexe représentée sur la même figure, se trouve la fonderie dans laquelle le métal brut, tel qu'il sort des fours, est fondu de nouveau puis coulé en lingots.

L'eau est amenée aux turbines actuellement installées par une conduite en fer de 2,45 m. de diamètre. On obtient ainsi une chute de 8,55 m. au centre des roues ; le reste des 10,70 m. de chute est utilisé par les tuyaux d'évacuation ; cette disposition permet un accès facile aux turbines, lorsqu'on le désire.

Fig. 1

La conduite de 2,45 m., arrive directement du bief supérieur dans la chambre de la turbine représentée figure 2, et aboutit au sommet d'un cylindre en tôle à chaudière de 9,5 m. m. d'épaisseur et ayant 2,75 m. de diamètre sur 2,75 m. de longueur.

A chaque extrémité de ce cylindre horizontal, se trouve une turbine *Victor*, construite par MM. Stillwell et Bierce, de Dayton (Ohio). Ces roues sont placées dans une position verticale sur un arbre horizontal, qui passe par l'axe du cylindre. L'eau, après avoir passé par les turbines, se déverse dans les tuyaux de décharge, et de là, dans le bief inférieur. Des trous d'hommes permettent un curage et une surveillance aisés.

L'arbre de 15 centimètres sur lequel sont calées les deux turbines Victor, se prolonge d'un des côtés du cylindre jusque dans une chambre adjacente où il porte la poulie motrice. Cette poulie est en fer ; elle a 1,80 m. de diamètre et 1,25 m. de largeur de jante ; elle pèse 2720 kilogrammes. De cette poulie, qui sert en outre de volant, une courroie de 1,10 m. de

largeur, formée d'une double épaisseur de cuir, transmet la force à la dynamo colossale de Brush qui se trouve à l'étage au-dessus.

Grâce à cette disposition des turbines sur un arbre horizontal, on évite les inconvénients et les ennuis des engrenages d'angle, auxquels on aurait été forcé d'avoir recours si les turbines avaient été placées, comme à l'ordinaire, sur un axe vertical.

Cette disposition n'est assurément pas nouvelle, mais ce n'est que depuis peu qu'elle a reçu une application pratique assez étendue.

Les turbines Victor tournent à la vitesse de 240 tours par minute ; elles développent une force de 550 chevaux.

Comme nous l'avons déjà dit, plusieurs autres dynamos Brush sont en cours de construction et seront installées prochainement. Nous ajouterons que les mesures nécessaires ont été prises pour pouvoir fournir la force additionnelle que réclameront ces dynamos. A cet effet, le bief d'amont, vis-à-vis du bâtiment, est pourvu de deux ouvertures supplémentaires pour l'arrivée de l'eau d'alimentation des turbines qui actionneront ces nouvelles machines.

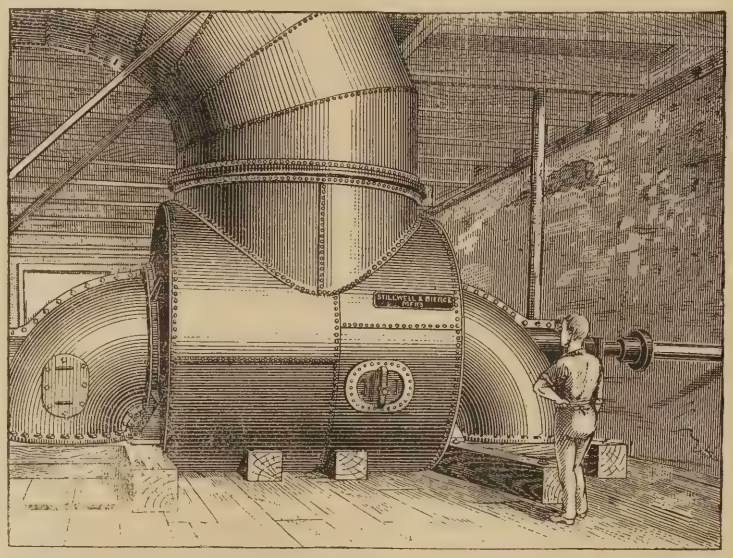


Fig. 2

Méthode de Patterson pour la fabrication des cables. — Dans les câbles recouverts par des tubes en plomb, et qui sont ensuite isolés à la parraffine, il arrive fréquemment que lorsque la paraffine se refroidit et se resserre, elle laisse autour du fil des espaces vides, dont l'effet est très nuisible.

Pour éviter cet inconvénient, M. W. R. Patterson, de la *Western Electric C°*, a imaginé une modification du mode de fabrication, qui consiste à canneler le tube de plomb après que la paraffine y a été introduite. Le cannelage du câble compense le rétré cissement que la paraffine a pu subir, et rend le tout parfaitement solide.

La nouvelle jauge d'Edison. — La question des jauges pour les fils conducteurs a été, depuis bien des années, le sujet de nombreuses discussions et leurs diversités donnent lieu à une grande confusion. La nécessité d'indiquer avec le plus grand soin, non seulement le numéro, mais encore la jauge employée cause de continuels embarras, et, depuis le développement de l'éclairage électrique, elle entraîne de fréquents retards, des difficultés sans nombre.

Pour les autres branches de l'électricité, toutes les jauges donnent des résultats suffisants. Mais depuis que la Compagnie Edison a inauguré son système d'éclairage par incandescence avec stations centrales, il est indispensable de calculer avec le plus grand soin la masse de cuivre à employer dans les conducteurs, afin d'assurer l'unité de pression électrique dans les lampes, pour tout un vaste système, et cela, en admettant un pour cent maximum de perte de potentiel dans la transmission du courant à des distances considérables.

Cette question si débattue des jauges semble enfin avoir reçu chez nous une solution pratique, par l'initiative qu'a prise la Compagnie Edison de renoncer à toutes les traditions du passé, et de publier une nouvelle jauge, répondant aux besoins de son industrie. Dans une circulaire adressée à ses agents, concessionnaires et constructeurs, elle décrit en détail l'objet et les avantages de cette innovation.

La grande expérience que cette compagnie a

acquise depuis qu'elle est constituée, lui a démontré que, pour le calcul des forts conducteurs, le nombre des numéros figurant sur toutes les jauges usitées jusqu'ici était trop limité, et que la masse de cuivre représentée par la plus forte d'entr'elles est souvent insuffisante pour donner la capacité voulue.

Par suite du petit nombre de ces numéros, il est souvent impossible, soit d'éviter une perte de matière, soit d'assurer une conductibilité suffisante, attendu qu'un fil d'un calibre assez fort pour permettre le transport économique d'un certain courant maximum, peut être beaucoup plus gros qu'un autre fil d'une section juste suffisante pour donner exactement le pour-cent de perte admis.

En d'autres termes, tel des numéros d'une jauge actuelle peut donner une trop grande perte, tandis que le numéro plus fort peut donner un pour-cent trop faible relativement à l'économie.

Des milliers de dollars ont sans doute été dépensés de la sorte inutilement en gaspillage de cuivre, depuis l'origine de l'éclairage électrique; et en outre, il en est souvent résulté une distribution imparfaite.

La compagnie Edison a constaté qu'aucun fabricant n'avait adopté dans ses jauges, les unités légales employées dans la fabrication de ses lampes.

C'est ainsi que, dans presque tous les détails de son système d'installation, et dans les calculs auxquels elle doit se livrer pour la création de stations centrales, non seulement en Amérique, mais dans le monde entier, la compagnie a pu se convaincre de la nécessité d'avoir un étalon basé sur les principes de la distribution, et d'instituer une graduation représentant autre chose qu'une échelle purement arbitraire, et susceptible de répondre à des exigences déterminées.

C'est pour éviter à l'avenir les difficultés qu'elle avait rencontrées jusqu'ici, que la Compagnie Edison a élaboré et adopté une jauge qui répond maintenant à toutes les exigences. Elle est basée sur la section transversale du fil; chaque numéro correspond au carré du diamètre exprimé en millièmes de pouce, et les sections varient, dans une progression convenable, par mille entiers de cette unité de mesure. Le plus petit numéro, 3 ($d^2 = 3\,000$) correspond au plus petit fil applicable dans les conducteurs d'Édison, tandis que le plus fort, 360 représente une tige de cuivre de 6 dixièmes de pouce (15 millimètres) de diamètre, comme les conducteurs dont on fait usage dans le système souterrain d'Édison.

Le tableau ci-joint donne tous les numéros adoptés, ainsi que les autres données nécessaires pour le calcul. Dans la colonne portant en tête : *Diamètre en mils* (millièmes de pouce), se trouvent les nombres dont les carrés figurent dans la colonne : *Circular mils*, qui se rapprochent le plus des milliers entiers portés dans la seconde colonne.

Dans ce système de graduation, la conductibilité relative des fils est exprimée exactement par leurs numéros; ainsi deux brins du fil n° 20 correspondront à un fil n° 40, et un fil du n° 200 pourra transmettre, avec un pour cent de perte déterminé, à une distance donnée, un courant double de celui qui correspond au n° 100.

Ce renversement complet de la numération empirique des grosseurs des fils, usitée jusqu'ici, et dans laquelle les numéros les plus élevés désignaient les fils les plus fins, suffirait à lui seul à faire apprécier la nouvelle jauge par tous ceux qui se servent de conducteurs pour l'éclairage par l'incandescence, quand même elle n'offrirait pas d'autre avantage.

Les chiffres indiqués dans les autres colonnes de ce tableau sont basés sur les valeurs de la résistance du cuivre, déduites des expériences du Dr Matthiessen.

La compagnie Edison, tant en Amérique qu'en Europe, se sert depuis un certain temps des étalons légaux de force électromotrice et de résistance, et les appareils d'après lesquels tous les autres instruments sont calibrés, et dont on se sert dans les manufactures Édison du monde entier, ont été fournis par le *Comité d'étalonnage de l'Association Britannique* au laboratoire de Cavendish. Par suite, cette jauge est basée sur la réduction de l'étalon de résistance de 9,718 unités de l'Association Britannique en 10,496 ohms légaux.

Il n'est pas possible, commercialement, de garantir l'uniformité de pureté des conducteurs de cuivre.

Une proportion de 2 à 3 o/o de matières étrangères ne saurait se reconnaître ni au poids, ni à aucun caractère apparent.

Un échange de correspondances avec tous les principaux fabricants de fil métallique, des États-Unis, a prouvé à la compagnie Édison, qu'un fil

JAUGE D'EDISON

Table des dimensions, poids et résistance du fil de cuivre pur

Numéro de la jauge	Circular Mils	Courant maximum $A = 4\sqrt{\left(\frac{C.M.}{10^4}\right)^3}$	Diamètre en mils = 0,001 in = d	Poids spécifique 8.889		LONGUEUR		RÉSISTANCE en ohms légaux à 25 C		VII Circular Mils = d^2
				I Livres par pied	II Livres par ohm	III Pieds par livre	IV Pieds par ohm	V Ohms par liv.	VI Ohms p. pied	
3	3000	12,5	54,78	0,0090837	2,5971	110,0870763	285,9038	0,3850405	0,0034976	3000,85
5	5000	18,3	70,72	0,0151392	7,2138	66,0535101	476,4970	0,1386225	0,0020986	5001,32
8	8000	26,0	89,45	0,0242203	18,4636	41,2876061	762,3184	0,0541602	0,0013118	8001,30
12	12000	35,2	109,55	0,0363282	41,5379	27,5267946	1143,4061	0,0240743	0,0008746	12001,20
15	15000	41,6	122,48	0,0454098	64,9017	22,0216596	1429,2431	0,0154078	0,0006997	15001,35
20	20000	51,6	141,43	0,0605484	115,3718	16,5157078	1905,7189	0,0086664	0,0005247	20002,44
25	25000	61,0	158,12	0,0756821	180,2779	13,2131630	2382,0418	0,0055470	0,0004198	25001,93
30	30000	70,0	173,21	0,0908167	259,7223	11,0111957	2859,8526	0,0038522	0,0003498	30001,70
35	35000	78,6	187,09	0,1059548	353,3405	9,4380769	3334,8547	0,0028301	0,0002999	35002,67
40	40000	86,8	200,00	0,1210820	461,4401	8,2588659	3810,9720	0,0021671	0,0002624	40000,00
45	45000	94,9	212,14	0,1362275	584,0979	7,3406628	4287,6655	0,0017120	0,0002332	45003,38
50	50000	102,7	223,61	0,1513568	721,0263	6,6069034	4763,7514	0,0013868	0,0002099	50001,43
55	55000	110,3	234,53	0,1665008	872,5473	6,0059761	5240,4982	0,0011467	0,0001908	55004,32
60	60000	117,7	244,95	0,1816245	1038,2576	5,5058645	5716,5059	0,00096315	0,0001749	60000,50
65	65000	125,0	254,96	0,1967722	1218,5857	5,0820192	6192,8868	0,00082057	0,0001615	65004,60
70	70000	132,1	264,58	0,2119013	1413,2644	4,7191782	6669,4464	0,00070758	0,0001499	70002,58
75	75000	139,1	273,87	0,2270432	1622,4571	4,4044479	7146,0276	0,00061635	0,0001399	75004,78
80	80000	146,0	282,85	0,2421765	1845,9518	4,1292176	7622,3367	0,00054172	0,0001312	80004,12
85	85000	152,8	291,55	0,2573035	2083,7594	3,8864608	8098,4491	0,00047990	0,0001235	85001,40
90	90000	159,5	300,00	0,2724345	2336,4054	3,6706071	8574,6870	0,00042807	0,0001166	90000,00
95	95000	166,1	308,23	0,2875872	2603,0461	3,4773124	9051,6047	0,00038415	0,0001105	95005,73
100	100000	172,6	316,23	0,3027093	2884,0822	3,3034996	9527,5645	0,00034673	0,0001050	100001,41
110	110000	185,4	331,67	0,3329906	3489,9577	3,0030877	10480,6483	0,00028656	0,0000954	110004,99
120	120000	198,0	346,42	0,3632666	4153,4329	2,7527989	11433,5654	0,00024070	0,0000845	120006,82
130	130000	210,2	360,56	0,3935271	4874,2259	2,5411208	12385,9938	0,00020514	0,0000807	130003,51
140	140000	222,2	374,17	0,4237967	5652,8989	2,3596222	13338,7058	0,00017690	0,0000750	140003,19
150	150000	234,0	387,30	0,4540614	6484,5728	2,2023452	14291,2678	0,00015409	0,0000700	150001,29
160	160000	245,6	400,00	0,4843280	7383,0425	2,0647164	15243,8880	0,00013544	0,0000656	160000,00
170	170000	257,0	412,32	0,5146221	8335,5249	1,9431736	16197,3720	0,00011995	0,0000617	170007,78
180	180000	268,3	424,27	0,5448842	9344,6859	1,8352522	17149,8535	0,00010701	0,0000583	180005,03
190	190000	279,4	435,89	0,5751398	10411,2406	1,7387097	18102,1258	0,00009604	0,0000552	190000,09
200	200000	290,4	447,22	0,6054273	11536,6814	1,6517233	19055,4057	0,00008667	0,0000525	200005,73
220	220000	312,0	469,05	0,6659749	13959,5666	1,5015580	20961,0990	0,00007163	0,0000477	220007,90
240	240000	333,0	489,90	0,7264981	16612,1144	1,3764661	22866,0134	0,00006019	0,0000437	240002,01
260	260000	353,5	509,91	0,7870578	19496,9968	1,2705546	24772,1000	0,00005129	0,0000404	260008,21
280	280000	373,7	529,16	0,8476052	22612,2329	1,1797944	26677,7858	0,00004422	0,0000375	280010,31
300	300000	393,6	547,73	0,9081397	25957,4640	1,1011502	28583,0667	0,00003852	0,0000350	300008,15
320	320000	413,1	565,69	0,9686717	29533,6961	1,0323418	30488,2691	0,00003386	0,0000328	320005,18
340	340000	432,3	583,10	1,0292140	33340,1808	9716143	32393,7964	0,00002999	0,0000309	340005,61
360	360000	451,3	600,00	1,0897380	37376,6518	9176517	34298,7480	0,00002675	0,0000292	360000,00

à 97 o/o de conductibilité, peut être garanti par toutes ces maisons.

Les poids de cuivre dans le tableau d'Édison sont basés sur un poids spécifique de 8,889.

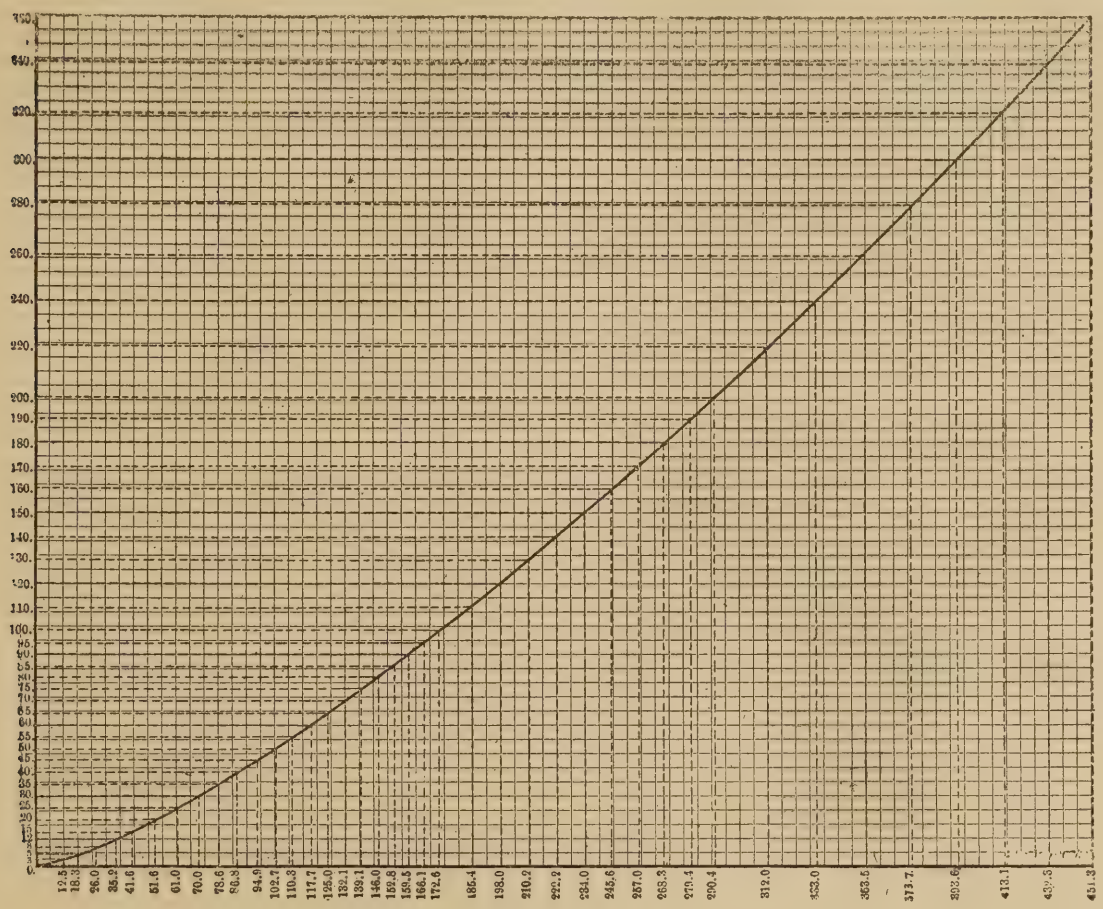


Fig. 3. — Abcisses : Courant maximum en ampères pour une température limite de 50 degrés

Ordonnées : sections en *circular miles* (à multiplier par mille).

La courbe (fig. 3) et les chiffres de la colonne indiquant la capacité maximum des divers numéros de fil, ont été déduits d'expériences faites, il y a près de deux ans, au laboratoire d'Édison.

Récepteur téléphonique pour les communications des trains. — Dans le système de communications télégraphiques avec les trains en marche, crée par MM. Edison et Gilliland, les signaux sont transmis par les fils du télégraphe, et par induction au wagon en marche à l'aide d'une surface inductrice que porte ce dernier. L'appareil récepteur consiste en un téléphone magnéto dont le diaphragme produit des vibrations musicales susceptibles d'être traduites en signaux Morse par les impulsions d'induction, contrôlées par un transmetteur vibrant approprié. Les courants employés dans la télégraphie ordinaire n'affectent pas ces récepteurs, de façon à troubler leurs signaux propres ; mais on a remarqué, que lorsque les fils télégraphiques étaient utilisés par les courants très puissants nécessaires à la télégraphie en quadruplex, ces courants communiquaient souvent des impulsions d'induction suffisantes pour agir sur le diaphragme du téléphone, au point de lui faire produire des vibrations, se superposant aux signaux ordinaires, et empêchant de les distinguer.

Pour remédier à cet inconvénient, M. E. T. Gilliland a imaginé un nouveau modèle de télé-

phone, que nous représentons en section sur la figure 4. Il se compose de la boîte ordinaire, d'un aimant permanent, d'une bobine et d'un diaphragme E formé d'une mince feuille de métal ou de mica. Il n'est pas fixé par ses bords, mais il est retenu directement sur l'extrémité de l'aimant B par un ressort *a* qui appuie par une pointe *b* sur le centre du diaphragme, et le presse contre le pôle de l'aimant.

Le résultat de cette disposition, suivant M. Gilliland, serait de rendre le diaphragme insensible aux impulsions les plus puissantes, de sorte que celles-ci ne pourraient couvrir les signaux ordinaires. La raison de ce fait, dit-il, peut être attribuée à ce que le diaphragme ne pouvant avoir, à

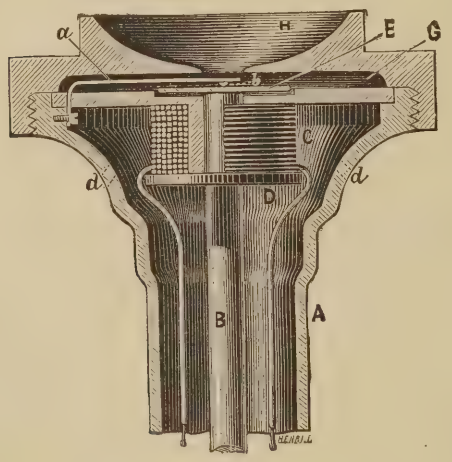


Fig. 4

un moment donné, qu'un mouvement très faible, pour ainsi dire infinitésimal, les impulsions les plus fortes ne peuvent avoir sur lui une action plus grande que les plus faibles, et qu'il devient alors possible de distinguer les sons musicaux des signaux du chemin de fer, de celui que produit par le télégraphe quadruplex ou d'autres courants puissants. Comme il suffit de vibrations très petites pour la production des signaux l'inducteur, la fixation du diaphragme à son centre ne les empêche pas.

Le diaphragme ne fermant pas l'embouchure du récepteur, un son bruyant serait perçu lorsqu'on appuiera l'instrument contre l'oreille, comme cela arrive lorsqu'un objet creux est fermé à son extrémité extérieure et ouvert à son extrémité intérieure. Pour parer à cet inconvénient, le récepteur est fermé par une plaque G, au centre de laquelle passe l'aimant. Cette plaque fait corps avec la bobine D, dont elle forme le rebord supérieur, et dont le diamètre est suffisant pour remplir la boîte.

Elle repose sur un épaulement intérieur de cette dernière, et le cornet H venant se visser à l'extrémité de la boîte, appuie sur la plaque, et la maintient en place.

Jos. Wetzler.

BIBLIOGRAPHIE

La technique de la téléphonie, par M. le Dr Wietlisbach (1). — A. Hartleben, éditeur, Vienne, 1886.

Le nombre des ouvrages publiés sur la téléphonie et les questions qui s'y rattachent est, semble-t-il, déjà suffisamment grand pour qu'il n'y ait pas lieu de l'augmenter. Et pourtant, nous saluons avec plaisir, quoique un peu tardivement, l'apparition du volume de M. Wietlisbach, dans la bibliothèque électrotechnique de Hartleben.

C'est qu'ici nous n'avons pas à faire avec un livre compilé à la hâte et ne différant des ouvrages sur le même sujet que par la description de quelques appareils nouveaux et l'addition de quelques figures empruntées, pour la plupart, aux catalogues des constructeurs. L'auteur qui est un homme du métier, puisqu'il est actuellement secrétaire technique de la direction des télégraphes et téléphones suisses, après avoir dirigé la construction et l'exploitation du réseau téléphonique de Zurich, a suivi un plan longuement réfléchi et bien discuté : Faire, dans les limites que comporte la collection Hartleben, un livre méthodique contenant le plus possible de renseignements sur les appareils qui sont employés avec succès dans l'exploitation des réseaux téléphoniques, tout en donnant des développements théoriques succints avec toute la rigueur scientifique désirable.

Nous ne pouvons que féliciter M. Wietlisbach de n'avoir considéré que les appareils ayant donné des résultats satisfaisants dans la pratique et de ne pas s'être attaché à leur filiation histo-

(1) Die Technik des Fernsprechwesens von Dr V. Wietlisbach.

rique ; ceux qui désirent des renseignements dans cette direction trouveront, dans quantité d'autres ouvrages sur la téléphonie et en particulier dans celui de M. Du Moncel, tous les détails nécessaires.

Cependant on pourrait reprocher à l'auteur d'employer un certain nombre de formules sans citer la moindre source, où tout lecteur sérieux pourrait étudier les déductions qui les ont amenées et les conséquences qu'on en a tirées. Si les notices bibliographiques sont sans importance pour les appareils dont le fonctionnement se comprend souvent à la simple inspection de la figure, il n'en est pas de même des formules qui exigent des calculs souvent fort longs et toujours pénibles.

Le livre de M. Wietlisbach vise à être complet, puisqu'il comprend, dans un appendice, la transmission de l'heure par le téléphone et l'emploi de cet appareil dans l'exploitation des chemins de fer. Nous ne comprenons pas alors pourquoi il a complètement laissé de côté le téléphone dans l'usage domestique, une question si intéressante cependant, aussi bien au point de vue des appareils que des installations.

Ces quelques réserves faites, résumons rapidement le contenu de cet ouvrage.

Il est divisé en trois parties d'égale importance ; dans la première, l'auteur étudie la station de l'abonné, dans la seconde, la ligne, et dans la troisième, la station centrale.

La première partie, à part une manière originale de présenter la théorie du téléphone et du microphone, ne présente rien de bien remarquable. On y trouve la description des téléphones et microphones les plus usités, ainsi que les modèles d'installations complètes, avec appels et sonneries ; l'auteur s'attache surtout aux modèles suisses et allemands qui lui sont plus familiers, sans pour cela négliger les appareils des autres pays.

L'étude de la ligne est aussi approfondie que l'espace restreint le permet. La construction des réseaux aériens et l'emploi des nouveaux câbles sans induction soit comme câbles souterrains, soit comme câbles aériens, sont traités d'une manière originale. Dans la téléphonie à grande distance l'auteur étudie en quelques pages, mais d'une façon complète et précise, les systèmes de van Rysselberghe et de Maiche ainsi que l'emploi d'un fil direct ; il insiste aussi, avec l'importance que le sujet comporte, sur l'influence de la nature du fil dans les transmissions téléphoniques.

La troisième partie, qui comprend l'étude de la station centrale et des tableaux centraux est aussi complète que possible ; presque tous les systèmes employés sont passés en revue, depuis le premier dû à Gilliland, jusqu'au *Multiple Switch-board* de la *Western Electric C°*.

Le livre se termine enfin par un appendice sur la transmission de l'heure et l'emploi du téléphone dans les chemins de fer.

Si nous ajoutons que les illustrations sont nombreuses et choisies avec discernement, quoique leur exécution matérielle laisse quelque peu à désirer, nous aurons tout dit sur ce livre qui remplit parfaitement le but que l'auteur s'est proposé. Aussi ne pouvons-nous qu'en désirer une traduction, qui le mettrait à la portée du public français.

LA GALVANOSTÉGIE, par Jos. Schaschl (1). — A. Hartleben, éditeur, Vienne, 1886.

Les livres se suivent, mais ne se ressemblent pas, celui-ci, malgré son titre prétentieux, ne comptera certainement pas au nombre des meilleurs de la collection Hartleben. Il faut malheureusement constater que cette collection, si intéressante à tant d'égards, renferme des ouvrages d'une valeur bien inégale.

Ce volume sur la galvanostégie (!) destiné à des électriciens, où tout au moins à un public au courant des éléments des sciences physiques, débute par une introduction, et quelle introduction, à l'électricité et à la chimie. L'autre moitié de l'ouvrage contient un choix de recettss et procédés pour les bains galvanoplastiques, reproduits d'après les bons ouvrages sur la matière, publiés en Allemagne ou à l'étranger. Franchement, c'est cette partie, où l'auteur a le moins mis du sien qui est la meilleure du livre.

Mais c'est déjà trop pour un ouvrage, dont on nous permettra de dire : Ce n'est rien, ce n'est qu'un livre de plus.

Dr. A. P.

---

(1) Die Galvanostegie mit besonderer Beruksichtigung der fabrikmustigen Herstllung dicker Metalluberzuge auf Metallen mittelst des galvanischen Stromes.

CORRESPONDANCE

Paris, le 14 février 1887.

Monsieur le Directeur,

Je lis dans le numéro 5 de votre journal, un article signé G. Richard, dans lequel il est question de mes nouvelles dynamos.

Je crois devoir protester contre la publication de cet article, bien qu'il fasse l'éloge de ces machines, car, s'il est exact pour la partie théorique (1), les données numériques sont absolument sans bases expérimentales ; elles n'ont été fournies par aucune personne autorisée, et aucune machine n'a été construite sur mes données avec les dimensions indiquées ;

En outre, cet article est incomplet : depuis la prise de mon premier brevet j'ai introduit d'importants perfectionnements qui font que la machine que construit maintenant M. Postel-Vinay n'est plus une simple modification de la machine du type Gramme, mais constitue un type entièrement nouveau que je me réserve de décrire quand il me conviendra.

L'auteur aurait pu s'éviter une semblable rectification en me faisant connaître ses intentions.

Je vous serai bien reconnaissant de vouloir bien publier cette réponse dans votre plus prochain numéro.

Veuillez agréer, etc.

A. Gravier.

Paris, 20 février 1887.

Monsieur le Directeur,

Je trouve à mon retour de voyage la lettre ci-jointe de M. Gravier, dont je ne puis m'expliquer les reproches.

Voici, en effet, comment M. Gravier lui-même s'exprime, *textuellement*, dans son brevet anglais, numéro 8747, du 20 juillet 1885, qui m'a servi pour décrire sa machine.

« Cette machine est dessinée *comme on l'a construite* « *réellement*, et nous allons donner quelques résultats « d'expériences exécutées avec elle. »

Les inducteurs se composent de deux électro-aimants cylindriques A. B., dont les noyaux ont 100 millimètres de diamètre, ou une section de 7854 millimètres carrés.

« L'anneau de l'armature est formé de disques en tôle « de fer doux, disposés perpendiculairement à l'axe — la « section de cet anneau est de 18564 millimètres carrés, de « sorte que le rapport des sections des noyaux des induc- « teurs et de l'anneau est de $\frac{18564}{7834} = 2.35$.

« La machine complète pèse environ 800 kil., et fournit « à 600 tours, 129,6 volts et 530 ampères ; son travail est « donc de 93 chevaux, ce qui donne $\frac{800}{93} = 8$ kgs 60 pour « le poids de la dynamo par cheval. Si la machine avait été « construite comme à l'ordinaire, elle n'aurait donné que « 18 chevaux, et les machines de 18 chevaux les plus « légères actuellement construites pèsent autant que ma « dynamo, soit $\frac{800}{18} = 43$ kgs par cheval. »

Il est peut-être fâcheux que M. Gravier ait cru devoir indiquer dans son brevet, et à l'appui de ce brevet, comme justifiées par l'expérience, des données, qui d'après sa lettre, « sont absolument sans bases expérimentales fournies par aucune personne autorisée » et affirmer dans ce même brevet la construction à l'essai d'une dynamo établie d'après ces données numériques alors que, suivant sa lettre « aucune machine n'a été construite sur ses données avec « les dimensions indiquées ».

Quoi qu'il en soit, ce n'est pas une description, mais son *brevet même*, que M. Gravier rectifie par sa lettre, et nous ne pouvons que le féliciter de donner aux inventeurs l'exemple d'une aussi honorable sincérité.

Veuillez agréer, etc.

G. Richard

(1) M. Gravier veut dire sans doute : conforme à ses idées.

N. D. L. R.

FAITS DIVERS

MM. Fleming et fils de Halifax, en Angleterre, ont apporté un perfectionnement aux courroies de transmission en cuir, qui rend à ce qu'il paraît, leur adhérence parfaite, même pour les machines qui tournent à grande vitesse.

Les courroies sont percées sur toute leur surface de trous ronds, placés à 29 millimètres les uns des autres. L'air entraîné par le mouvement du tambour s'échappe par ces trous et ne forme plus une couche empêchant l'adhérence.

On ne dit pas si ce perfectionnement ingénieux augmente la force des courroies ?

M. Edison est, paraît-il, complètement remis de sa maladie, et compte partir prochainement pour la Floride.

Sur la proposition des administrateurs généraux de l'État indépendant du Congo, le Roi des Belges vient de signer le décret suivant, relatif à la question des brevets d'invention dans cet État, dont il est le souverain :

Art. 1er. — Est brevetable toute découverte, tout perfectionnement susceptible d'être exploité comme objet d'industrie ou de commerce.

Art. 2. — La concession des brevets se fera sans examen préalable, aux risques et périls des demandeurs, sans garantie soit de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de la description et sans préjudice des droits des tiers.

Art. 3. — Les brevets sont de trois espèces : les brevets d'invention, les brevets d'importation et les brevets de perfectionnement.

Art. 4. — La date du dépôt de la demande est celle du brevet.

Art. 5. — La durée du brevet d'invention est de vingt ans,

La durée du brevet d'importation est limitée par celle du brevet étranger.

Les brevets de perfectionnement prennent fin en même temps que le brevet principal.

Art. 6. — Chaque brevet donne lieu au payement de la somme de 100 francs. Les brevets de perfectionnement ne sont soumis à aucune taxe.

Les payements se font par anticipation.

Art. 7. — Il sera fait, au *Bulletin officiel*, mention de la délivrance de chaque brevet.

Art. 8. — Les brevets confèrent aux titulaires le droit de poursuivre devant les tribunaux ceux qui porteraient atteinte à leurs droits, de faire condamner les contrefacteurs à des dommages et Intérêts et, suivant le cas, de faire prononcer la confiscation des objets confectionnés en contravention du brevet.

Art. 9. — Notre Administrateur général du département des affaires étrangères délivrera les brevets en notre nom; il prendra toutes les mesures d'exécution relatives au présent décret, qui entre en vigueur à ce jour.

A la suite de ce décret, l'*arrêté d'exécution* suivant a été pris par l'Administrateur général du département des affaires étrangères :

Art. 1er. — Toute personne qui voudra prendre un brevet d'invention, d'importation ou de perfectionnement, devra déposer une demande à cet effet au département des affaires étrangères, soit directement, soit par l'entremise de l'Administrateur général du Congo.

A cette demande seront joints en double expédition, dont l'une sera envoyée au Directeur de la justice au Congo :

1° La description certifiée conforme de l'objet inventé;

2° Les dessins, modèles ou échantillons qui seraient nécessaires pour l'intelligence de la description.

Art. 2. — La demande sera rédigée sur papier libre, elle indiquera les noms, prénoms, profession et domicile de l'inventeur. Lorsqu'il s'agira d'un brevet d'importation, la requête fera connaître la date et la durée du brevet original et le pays où il a été concédé.

Art. 3. — Toutes les pièces devront être datées et signées par le demandeur ou par son mandataire, dont le pouvoir dûment légalisé restera annexé à la demande.

Art. 4. — Il sera délivré au demandeur ou à son mandataire un reçu des pièces déposées, lequel constatera le jour et l'heure du dépôt. Ce reçu ne sera délivré que contre payement du droit, et mention y sera faite de ce payement.

Art. 5. — Le brevet mentionnera expressément que la concession en est faite sans examen préalable, aux risques et périls des demandeurs, sans garantie soit de la réalité, soit de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.

Art. 6. — La première expédition des brevets sera remise sans frais. Toute expédition ultérieure demandée sera certifiée conforme et soumise à une taxe de 5 francs.

Art. 7. — Toute cession ou mutation totale ou partielle devra être notifiée au département des affaires étrangères. La notification de la cession ou tout autre acte emportant mutation devra être accompagné d'un extrait authentique de l'acte de cession ou de mutation.

Art. 8. — Les actes de cession ou de mutstion seront publiés au *Bulletin officiel*, de même que les concessions de brevet, conformément à l'article 7 du décret du 27 octobre 1886.

Nous avons annoncé, l'année dernière, la formation d'une Société suisse pour la construction d'un chemin de fer électrique et pour l'établissement de la lumière électrique à Vevey, à Montreux et à Chillon. Les travaux de la Société sont poussés avec beaucoup d'activité; on a déjà construit un réservoir de 6,000 mètres cubes, et le canal qui amènera l'eau pour les turbines de la rivière Montreux est presque terminé. Pour l'éclairage électrique, on placera des câbles souterrains dans des conduites en ciment. Le chemin de fer sera du système Siemens, avec des conducteurs aériens.

La ligne aura huit milles de longueur.

Éclairage Électrique

Les usines de Silvertown, appartenant à la compagnie *India Rubber, Gutta-Percha and Telegraph Works*, qui, bien que possédant depuis longtemps une importante installation de lumière électrique, avaient continué sur un grand nombre de points à faire usage de l'éclairage au gaz, sont maintenant complètement éclairées à l'électricité.

Tout le matériel a été construit dans les ateliers de l'usine; les conducteurs, formés de fils de cuivre de cent pour cent de conductibilité, ont été fortement isolés au caoutchouc, l'expérience ayant démontré que cette substance, convenablement préparée, est celle qui convient le mieux pour cet usage, et qui donne un isolement et une durée sur lesquels on puisse compter.

L'installation a été faite par les ingénieurs de la compagnie. Elle comprend 146 lampes à arc et 1,500 lampes

à incandescence ; elle est donc une des plus considérables qui existent actuellement.

Ce mode d'éclairage a permis de réaliser de notables économies, tout en augmentant la quantité de lumière et en améliorant les conditions d'hygiène et de bien-être des ouvriers. On a constaté de plus dans les travaux qui se font à la lumière une exécution plus parfaite, en même temps qu'une production sensiblement plus rapide.

Les sous-commissions des travaux et de l'exploitation de l'Exposition de 1889, ont examiné le 15 février, le projet présenté par M. G. Berger pour l'éclairage de l'enceinte du Champ-de-Mars.

Cet éclairage, qui atteindra une intensité lumineuse de 300,000 becs Carcel, équivalant, par conséquent, à cinq fois environs celle produite par tout l'éclairage municipal au gaz de la ville de Paris, serait réalisé par le syndicat de tous les électriciens français et étrangers qui s'occupent spécialement de lumière électrique. La combinaison projetée n'entraînerait aucune dépense supplémentaire de la part de l'administration. Elle avait été étudiée préalablement par le comité technique d'électricité, qui avait donné un avis favorable.

Les principales Sociétés d'électricité de Paris sont en pourparlers pour la constitution d'un Syndicat national destiné à se charger de l'éclairage électrique du Palais de l'Exposition de 1889 et de ses dépendances, ainsi que du transport des forces par l'électricité.

La Compagnie d'éclairage électrique, la Société Gramme, la Société d'éclairage Edison, la maison Breguet, la Compagnie Electrique, la maison Sautter et Lemonnier ont adhéré à ce syndicat pour la fourniture des machines électriques et des lampes; la Société générale des téléphones et la maison Ménier, pour la confection des câbles et conducteurs électriques. Les machines à vapeur seraient construites par le Creuzot, la Compagnie de Fives-Lille, la maison Weyher et Richemont et les établissements Cail ; les chaudières, par la maison Belleville, etc.

Les habitants des immeubles voisins du *Nouveau cirque* ont intenté un procès à l'Administration de cette entreprise à cause des inconvénients de l'installation d'éclairage électrique du cirque.

D'après le rapport de l'architecte expert, commis par ordonnance de référé, les machines sont installées dans les meilleures conditions au point de vue du résultat qu'elles doivent donner ; mais, la trépidation et le bruit qu'elles produisent, la fumée et la vapeur qu'elles dégagent, rendent les immeubles contigus réellement inhabitables.

L'affaire est venue le 11 janvier devant le Tribunal civil de la Seine. Celui-ci, reconnaissant que les inconvénients signalés dépassent les limites de ce qui doit être toléré entre voisins, et qu'il y a lieu dès lors de prendre toutes les mesures propres à y remédier; mais que ces inconvénients ne sont pas suffisants pour qu'il y ait lieu d'ordonner, dès à présent, la suppression des machines ; que cette nécessité extrême, de nature à compromettre des intérêts industriels importants, des capitaux considérables, ne s'imposera que le jour où il sera démontré que toute amélioration de la situation est impossible, a condamné la Société du Nouveau Cirque à payer des dommages-intérêts aux demandeurs.

En outre le tribunal a nommé trois experts et leur a donné mission de procéder immédiatement et avec la plus grande activité aux travaux qu'ils jugeront nécessaires pour supprimer les inconvénients signalés, les dépenses en résultant étant à la charge de M. Oller.

En attendant l'installation centrale de lumière électrique projetée à Nice, on procède dans cette ville à des essais. Deux machines Gramme, auxquelles la force motrice est fournie par une prise d'eau faite sur le Paillon, à 2 kilomètres de la ville sont installées dans l'atelier de menuiserie de M. Icard, place d'Armes. Elles alimentent des lampes Swan de 10 et de 16 bougies, réparties dans le casino municipal, ce théâtre et plusieurs cafés. La promenade des Anglais sera probablement éclairée avec des bougies Jablochkoff pendant le carnaval.

MM. Siemens et Halske de Berlin, ont été chargés d'installer une usine centrale d'électricité à Salzbourg. L'emplacement a déjà été choisi, et les travaux seront commencés au printemps prochain.

L'installation de la lumière électrique à l'hôtel de ville de Bruxelles, qui comporte 600 lampes, ne semble pas donner beaucoup de satisfaction. Les uns prétendent que le mal provient des dynamos, d'autres disent que la faute en est aux moteurs, à la distribution électrique, etc.

Depuis quelques mois la petites ville de Scheibbs, sur l'Erlaf, en Autriche, est éclairée à l'électricité. L'installation comprend 8 lampes Krizik, placées sur des poteaux de 3 mètres de haut, et alimentées par une dynamo Schukert. Celle-ci est actionnée par la roue d'un moulin. Toute l'installation qui a été faite par la fabrique d'armes de Steyr, a couté environ 5,600 francs.

Depuis le 5 janvier dernier, le port de Trieste est éclairé avec des foyers à arc installés par la maison B. Egger et Cie.

La Neue freie Presse, de Vienne, annonce que malgré le désir des habitants, l'éclairage électrique de la ville, ne sera probablement pas introduit d'ici longtemps, à cause des conditions extrêmement dures, imposées aux entrepreneurs par la municipalité pour la pose des fils dans les rues. La Compagnie du gaz qui avait entrepris l'éclairage électrique des deux théâtres de la Cour, a du informer la direction de l'impossibilité dans laquelle elle se trouvait, d'exécuter le contrat à cause des exigeances du Conseil municipal. Deux autres entrepreneurs d'usines centrales d'électricité, ce sont prononcés dans le même sens.

Voici les principales conditions imposées par la ville :

1° La municipalité se réserve le droit après un avis préalable de 3 mois, de demander l'enlèvement de toute construction provisoire dans les rues, et la remise en état de celles-ci, sous peine de confiscation, sans aucune compensation.

2° Le Conseil municipal aura le droit de faire changer les câbles de place pour n'importe quelle raison, et aussi souvent qu'il lui plaira.

3° Le Conseil pourra ordonner la réparation de tout défaut qui existerait, d'après son opinion ou celle d'un expert nommé par lui, et cela dans un délai fixé par lui-même, et sous peine de confiscation.

4° Le Conseil décide que l'entrepreneur sera responsable de toute détérioration des rues ou de la propriété publique ou particulière causée par ses ouvriers, et sans qu'il puisse en être appelé de la décision du Conseil. Cette clause est absolument illégale et ne peut être acceptée.

5° Enfin la ville demande une redevance annuelle d'environ 9,250 francs pour la permission de placer un câble desservant le théâtre impérial, et environ 10,000 fr. pour le câble de l'Opéra. Pour ce dernier la redevance est à raison de 62,500 francs pour un mille de câble, tandis que la Compagnie du Tramway, ne paie qu'une redevance annuelle de 3,325 francs par mille. Les entrepreneurs sont décidés à employer tous les moyens légaux pour faire annuller ces conditions. En atttendant tous les travaux d'éclairage électrique sont complètement arrêtés, et notre confrère critique vertement le système qui consiste à étrangler une entreprise qui mérite d'être universellement protégée.

Télégraphie et Téléphonie

Le projet de loi relatif à l'établissement d'un câble sous-marin entre la France et les Antilles, a été présenté à la Chambre des députés, samedi, le 12 février, après une discussion assez vive le projet a été renvoyé à la Commission du budget qui doit en faire une nouvelle étude.

M. Fribourg, directeur au Ministère des postes et télégraphes a été nommé par le Président de la République, commissaire du gouvernement pour assister le Ministre dans la discussion de ce projet de loi.

Le nombre total des dépêches télégraphiques transmises sur le réseau de l'État, à Londres, pendant l'année écoulée le 31 mars 1886, dans un rayon de 18 kilomètres du bureau central des télégraphes, a été de 15,081,433, soit 290,027 par semaine. Le coût moyen a été de 81 cencentimes.

Le rapport de la *Western Union Telegraph C°*, pour l'exercice terminé le 30 juin 1886, constate que les recettes de la Compagnie ont été sérieusement affectées par une concurrence violente. Les recettes pour l'exercice de 1885-86 ont été de 81,493,190 francs, contre 88,534,165 francs pour l'exercice précédent.

Les efforts de la Compagnie pour s'assurer le monopole de la télégraphie aux États-Unis ont complètement échoué, et pendant les trois dernières années, les recettes ont subi une diminution de 50 o/o à peu près. Malgré ces résultats peu encourageants, toute la politique de la Société a consisté à acheter et à absorber toute concurrence. En 1878, une première fusion eut lieu avec l'*Atlantic and Pacific Telegraph C°*, et la *Western Union* pouvait espérer tenir entre ses mains tous les intérêts télégraphiques du pays; mais déjà, en 1879, M. Gould forma une opposition avec la Compagnie *American Union*. En 1881, une nouvelle fusion eut lieu, le capital de la *Western Union* fut élevé à 400 millions de francs, et la Compagnie *American Union* fut absorbée moyennant 75 millions de francs. Une nouvelle concurrence se produisit, en 1883, par la *Mutual Union C°*, qui fut absorbée à son tour. Ensuite vint la *Baltimore and Ohio C°* et enfin la Compagnie *Mackay Bennett*.

Les fusions et acquisitions de la *Western Union* forment cependant aujourd'hui un réseau magnifique, qui s'est développé de 46,270 milles en 1866 à 151,832 milles en 1886. La longueur des fils aussi a augmenté : de 85,291 milles en 1866 à 489,607 milles en 1886, tandis que le nombre des bureaux s'est élevé de 2,565 à 15,142 en 1886. Le nombre des dépêches transmises par la Compagnie accuse une augmentation constante d'année en année depuis dix ans, et s'élève, pour l'exercice 1885-86, à 43,289,807.

L'administration des Postes et Télégraphes, en Angleterre, s'occupe activement d'un projet pour l'établissement de communications télégraphiques souterraines entre les principales villes du pays.

La semaine dernière, un membre de la Chambre des communes a demandé au Directeur des Postes et Télégraphes combien de temps le monopole de la *Submarine Telegraph C°* durerait encore, et si l'administration s'était occupée des inconvénients à laisser entre les mains d'une Société particulière la transmission des dépêches entre l'Angleterre et la France. Le Directeur général a répondu que la concession accordée à la Société en question par les gouvernements français et belge expire au mois de janvier 1889. Quant à la deuxième question, M. Raikes a répondu qu'elle était l'objet d'une étude très sérieuse de son département.

La *Direct Spanish Telegraph* C° annonce que la communication télégraphique avec Tanger (Maroc) est maintenant ouverte. Le prix des dépêches est fixé à 90 centimes par mot, à partir de l'Angleterre.

L'administration du Télégraphe, aux Indes anglaises, vient de publier un rapport très satisfaisant sur l'exercice 1885-86. Pendant les trois dernières années, la longueur des lignes a été augmentée de 17,9 o/o et le nombre des bureaux de 27,7 o/o. Tandis que les recettes ont augmenté de 23 o/o, les frais d'exploitation ont diminué de 3,4 o/o.

Le nombre des abonnés au téléphone, à Berlin, s'éléve maintenant à 6,000, avec une moyenne de 100,000 communications. La longueur des fils atteint 12,000 kilomètres, et les abonnés sont reliés à neuf bureaux centraux. L'administration occupe 300 personnes. Le point le plus éloigné, relié directement au réseau de Berlin, est Hanovre, à une distance de 340 kilomètres.

Le bureau central des téléphones, à Plimouth, en Angleterre, fonctionnera jour et nuit, jusqu'à la fin de l'année, les dimanches exceptés. Cette mesure n'est cependant que provisoire et ne sera pas maintenue après la date mentionnée, à moins que le nombre des abonnés n'augmente de façon à autoriser la Compagnie à continuer la dépense entraînée. Le nombre des abonnés est actuellement de 155, mais il en faut 200 pour que le service de nuit devienne définitif.

Les différentes entreprises d'électricité de New-York se préparent activement à supprimer leurs fils aériens. Pendant le mois dernier *la Western Union* a placé plusieurs câbles dans les conduites souterraines de Broadway. La même Compagnie a également posé des câbles sur la charpente du chemin de fer aérien. La *Metropolitan Telephone and Telegraph C°* a placé des câbles dans la analisation de la 6e avenue, et tout fait prévoir une grande activité pendant cette année.

A Philadelphie, des malfaiteurs ont coupé trois des câbles aériens de la Compagnie Bell, contenant 100 fils chacun. Une longueur d'environ 125 mètres de câble a été enlevée.

On annonce que M. Mackay vient d'acheter la ligne télégraphique entre San-Francisco et Santa-Cruz, appartenant à la *Cie* du chemin de fer *South Pacific Coast*.

La ligne téléphonique directe entre Vienne et Brünn, en Autriche, a été livrée au public le 28 janvier dernier. Le bureau, à Vienne, est installé à l'hôtel de ville. La ligne téléphonique de Hambourg à Brême a été livrée au public le 1er février; cette ligne a une longueur de 113 kilomètres.

Nous avons annoncé que la Société des Téléphones, à Gênes, avait été forcée de suspendre le fonctionnement de son bureau central, par suite des dégâts causés à son réseau aérien par une tourmente de neige. Ces dégâts s'élèvent à la somme de 80,000 francs, mais la Société a déjà pris des mesures pour la reconstruction du réseau. La difficulté qu'éprouve la Compagnie pour obtenir la permission des propriétaires d'immeubles de placer ses fils sur les toits a été cause, en grande partie, des accidents survenus.

Nous apprenons que la téléphonie prend une très grande extension dans la ville de Christiania, où l'on compte actuellement 1,500 abonnés. En présence des progrès réalisés, l'administration des télégraphes, entre les mains de laquelle est l'exploitation des réseaux téléphoniques, a jugé prudent de prévoir une rapide augmentation et a installé le bureau central pour 3,000 abonnés.

Par contre, dans les autres villes de la Norvège, les développements sont plus lents; elles ne comptent ensemble que 500 abonnés.

Les appareils transmetteurs employés sont des systèmes Blake et Ericson; ce dernier donne, paraît-il, de moins bons résultats que le Blake.

Les prix d'abonnement pour Christiania sont de 106 fr., 116 fr. et 126 fr. dans les rayons respectifs de 1,000, 2,000 et 2,500 mètres du bureau central.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 5 MARS 1887 N° 10

SOMMAIRE. — De l'électricité qui se manifeste dans la formation des brouillards ; L. Palmieri. — Etude sur les machines dynamo-électriques, par J. et E. Hopkinson. — Disposition nouvelle pour le télégraphe écrivant de Siemens et Halske. — Supports isolateurs à écartement variable de C. Gause ; Schezet. — Chemins de fer et tramways électriques ; G. Richard. — Degré du vide dans les lampes à incandescence ; E. Dieudonné. — Considérations sur l'emploi de rhéostats comme régulateurs d'éclairage électrique ; C. Reignier. — Revue des travaux récents en électricité : Détermination des flux de force des systèmes électromagnétiques quelconques. Méthode de la servo-variation de l'induction, par M. G. Cabanellas. — Sur une méthode de détermination du flux d'induction qui traverse un système électromagnétique, par M. R. Arnoux. — Théorie de l'action voltaïque, par J. Brown. — Méthode de mesure du coefficient de self-induction d'une spirale, par G. H. Wyss. — Sur une forme simple et commode de la pile à eau, par H. A. Rowland. — Recherches expérimentales sur la lumière polarisée réfléchie par la surface équatoriale d'un aimant, par M. A. Righi. — Galvanomètre apériodique de Edelmann. — La tension des lignes de force, par R H M. Bosanquet. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne ; Dr H. Michaëlis. — Angleterre ; J. Munro. — Etats-Unis ; J. Wetzler. — Variétés : A propos du procès Edison-Swan contre Woodhouse et Rawson. — Correspondance : Lettre de M. Wibratte. — Faits Divers.

DE L'ÉLECTRICITÉ

QUI SE MANIFESTE

DANS LA FORMATION DES BROUILLARDS (1)

Traduit de l'Italien par P. Marcillac.

Le 7 décembre dernier, le ciel étant parfaitement serein, une brume légère qui couvrait la mer, vers 11 heures du matin, s'étendit sur la ville, en devenant beaucoup plus sombre. Le conducteur mobile ayant été élevé comme d'habitude, l'index de l'électromètre dévia de plus de 90 degrés, ce qui ne se produit pas généralement lorsqu'il n'y a pas de pluie. Mais, tandis qu'à l'observatoire de l'Université, on notait d'aussi fortes tensions, à la station du Vésuve qui dominait le brouillard, on avait une déviation de 24 degrés seulement.

Au cours de longues études, j'ai pu relever par milliers des faits de ce genre que beaucoup de théoriciens, qui n'ont pas eu l'occasion de les constater, nient pour recourir à des hypothèses que la réalité dément. J'ai tenu à signaler ce phénomène, non seulement comme un fait très remarquable, mais comme une confirmation de ce que j'ai avancé ou plutôt de ce que la nature même a enseigné.

Je tiens à le répéter : Les fortes tensions électriques, par un ciel serein, annoncent constamment l'apparition prochaine des nuages, et, presque toujours, l'arrivée de la pluie. Une fois de plus, ce présage n'a pas eté trompeur. En effet, dans la soirée du 7, le ciel devint nuageux et, avec la nuit, arriva la pluie qui ne cessa qu'au point du jour.

C'est pour cette raison peut-être, que nous constatons habituellement de fortes tensions d'électricité atmosphérique, quelques jours avant l'arrivée sur les côtes occidentales de l'Europe, des bourrasques annoncées par l'observatoire de New-York.

Dans le cas précité, le télégramme d'Amérique prédisait précisément qu'un forte perturbation atmosphérique traversant l'Atlantique, atteindrait les côtes anglaises, entre les 6 et 8 décembre.

Il ressort de ce qui vient d'être dit, qu'en météorologie il est nécessaire de faire des observations directes, pour pouvoir établir le rapport entre les variations électriques, l'aspect du ciel et les conditions de l'atmosphère, et cela, alors

(1) *Académie des Sciences* de Naples

même que l'on aurait des appareils moins compliqués, moins coûteux et plus fidèles que ceux que l'on emploie actuellement.

L. Palmieri

ÉTUDE SUR LES MACHINES

DYNAMO-ÉLECTRIQUES [1]

Par J. et E. Hopkinson

EXPÉRIENCES SUR LE RENDEMENT [2]

Les relations qui existent entre les dimensions du circuit magnétique d'une machine dynamo, et l'induction, pour une force magnétisante donnée, étant une fois établies, et après avoir comparé les résultats du calcul avec ceux que fournit l'expérience directe, il importe encore de déterminer le rendement de cette machine, lorsqu'elle fonctionne comme générateur ou comme moteur.

Un détermination exacte du travail mécanique transmis à la dynamo par la courroie motrice, ou du travail recueilli sur l'arbre du moteur, présente de très grandes difficultés expérimentales.

Par suite, si la puissance absorbée par la dynamo est mesurée directement, une erreur dans cette détermination affectera au même degré le rendement cherché. Pour éviter cette difficulté, nous avons adopté une disposition particulière.

Nous couplons directement les arbres de deux machines, ayant approximativement les mêmes dimensions et la même puissance ; les circuits des deux machines sont en outre réunis, de telle sorte que l'une fonctionne comme génératrice, et que le courant qu'elle fournit actionne la seconde, faisant office de moteur.

Le manchon d'accouplement sert en outre de poulie motrice, à laquelle une courroie transmet le travail nécessaire pour maintenir le système en activité, qui représente l'énergie dissipée dans les deux machines et dans les connexions (voir fig. 1 et 2).

Si l'on fait varier d'une manière convenable le champ magnétique de l'une des dynamos, on peut régler à volonté le travail échangé entre les deux machines. Cela étant, si l'on mesure le travail électrique produit par le générateur et le travail électrique absorbé par le moteur, ainsi que le travail mécanique adjuvant transmis par la cour-

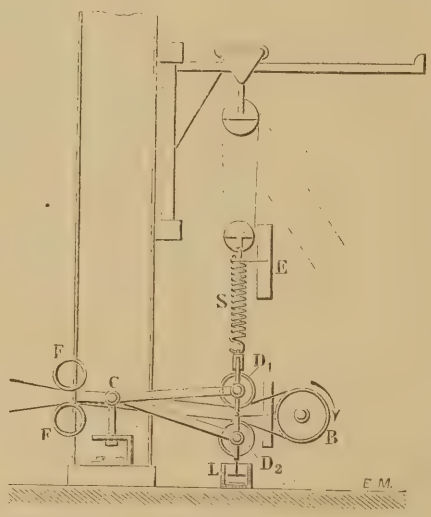


Fig. 1

roie, on peut déterminer de suite le rendement du système.

De cette manière, la puissance mécanique transmise, dont la détermination expérimentale offre le plus de difficultés, n'est ici qu'une quantité très faible, relativement à la puissance totale mise en jeu, et par conséquent, si elle est entachée, même d'une forte erreur, celle-ci n'aura qu'un effet minime sur le résultat final.

D'un autre côté, la mesure principale, celle du travail électrique échangé entre les deux machines, peut être faite aisément, avec une grande exactitude.

La seconde machine était absolument semblable à celle que nous avons décrite [1], leur puissance à toutes deux était normalement de 320 ampères et 110 volts, à 780 tours par minute.

---

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 26 février 1887, p. 409.

(2) Ces expériences sur le rendement ont déjà été publiées antérieurement, au moins en partie, et nous en avons donné un extrait dans la Revue des travaux récents en électricité, (voir *La Lumière Électrique*, 1886, vol. 2, p. 74), mais le sujet est assez important pour qu'on nous permette d'y revenir. E. M.

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 19 février 1887.

La puissance mécanique était transmise par l'intermédiaire d'un dynamomètre de transmission de Hefner-Alteneck, disposé comme l'indique la figure 1. B est la poulie du manchon d'accouplement des arbres des deux machines, D_1, D_2 sont les galets de guidage du dynamomètre, portés par un châssis mobile autour de l'articulation C, qui est lui-même suspendu à un ressort en boudin S, dont on peut modifier à volonté la tension, au moyen d'une paire de poulies différentielles.

Quand on fait une lecture, la suspension du ressort est ajustée de telle sorte que l'index du dynamomètre vienne sur un certain repère de l'échelle inférieure ; l'allongement ou la tension

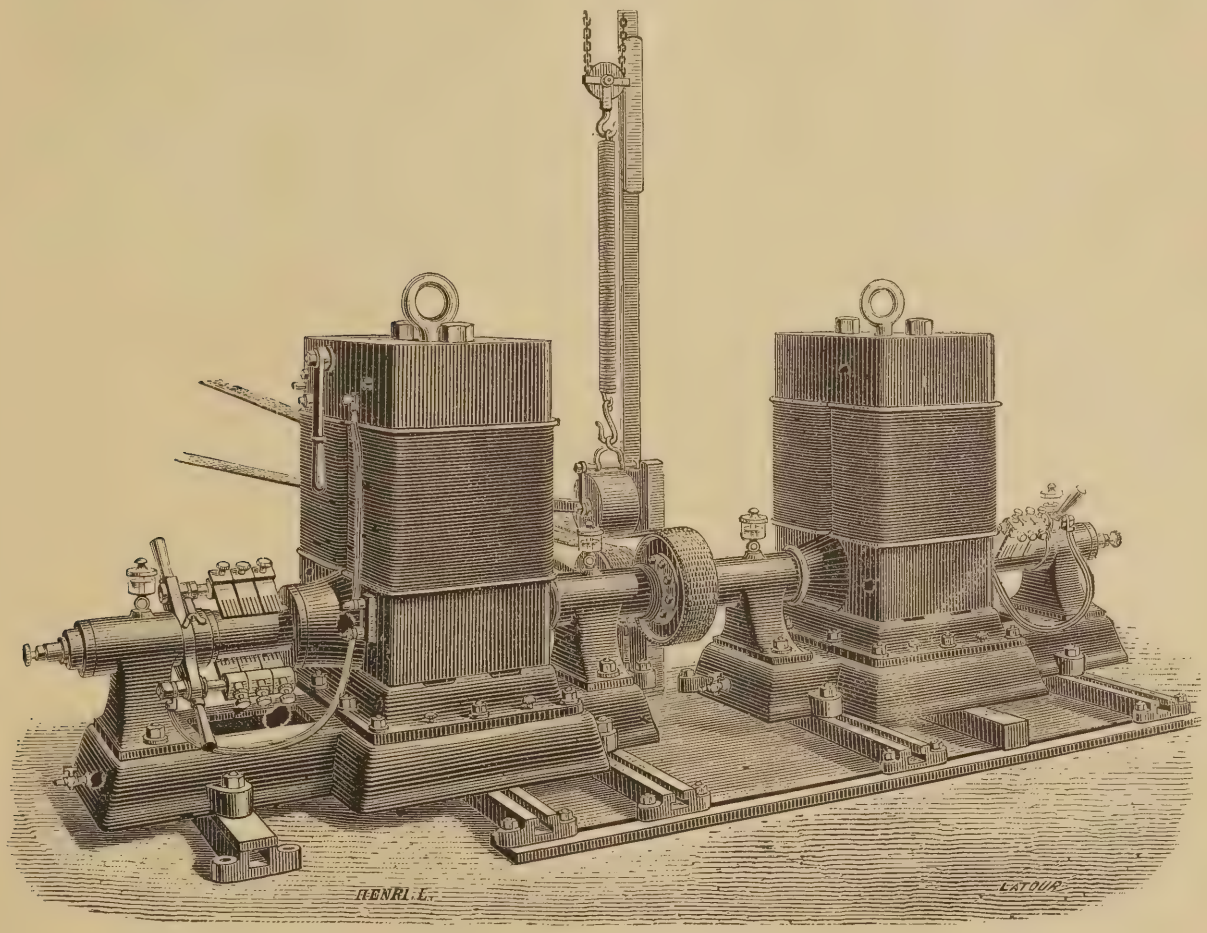


Fig. 2

du ressort est alors indiqué par un second index qui se déplace sur l'échelle supérieure.

F, F sont deux poulies de guidage, de même diamètre que les poulies D_1, D_2 et écartées de la même distance, en sorte que les deux brins de la courroie soient parallèles. La distance normale du centre C au brin compris entre la poulie B [1] et les guides, est de 31,9 c.m., et la distance de C aux brins parallèles de 2,4 c.m., tandis que le bras de levier du ressort, par rapport à ce même centre était de 92,7 c.m.

Si nous prenons les moments [1] par rapport à C, nous aurons l'égalité :

Tension du ressort × 92,7 = Tension de la courroie × 34,3

Donc la tension de la courroie sera 2,7 fois celle indiquée par le ressort.

[1] Dans le mémoire original, l'auteur indique ici la distance de C au brin au-delà de la poulie guide, du côté du moteur ; ce qui évidemment est dû à une faute d'impression. M.

[1] Voir pour le dynamomètre la note à la fin de ce article. E. M.

Le diamètre de B étant de 33,6 c.m., et l'épaisseur de la courroie de 1,6 c.m., la vitesse moyenne de la courroie sera :

$$1{,}845\ n$$

n étant le nombre de tours, par minute, des dynamos.

La puissance transmise sera donc, en ergs, par seconde :

$$2{,}7 \times 1{,}845 \times 981 \times F \times n$$

F désignant la tension du ressort [1], et la valeur de g étant admise de 981 cms.

En exprimant la puissance en watts, l'expression devient :

$$\text{Puissance en watts} = 0{,}0004887\ F.\ n.$$

Le potentiel entre les bornes de la génératrice était mesuré au moyen d'un galvanomètre gradué de Sir W. Thomson, étalonné préalablement au moyen d'un élément de Latimer Clark, comparé à l'étalon de lord Rayleigh.

Le courant circulant dans le système était déterminé par la différence de potentiel aux extrémités d'une résistance connue, cette différence de potentiel étant comparée directement avec l'étalon de force électromotrice, d'après la méthode de Poggendorf. Les courants à mesurer étant intenses, il importait que le coefficient de température de cette résistance fut très faible ; elle était constituée en fil de platinoïde, et ce coefficient était seulement de 0,021 o/o par degré centigrade.

Les induits et les électros des deux machines avaient les résistances suivantes :

Génératrice.	Induit	0,009947
	Électros	16,93
Moteur	Induit	0,009947
	Électros	16,44

La résistance des conducteurs reliant les deux machines était de 0,00205 ohm, et celle de la résistance étalon, de 0,00586 ohm. Dans toutes les mesures de résistance, on a admis que la valeur de l'unité de la B. A. était de $0{,}9867 \times 10^9$ C.G.S., d'après la dernière détermination de lord Rayleigh.

La figure 3 indique le mode de liaison des circuits ; R_a est la résistance étalon en platinoïde, A, A les fils qui la relient au pont de Poggendorf, et R un rhéostat servant à faire varier l'intensité du champ magnétique.

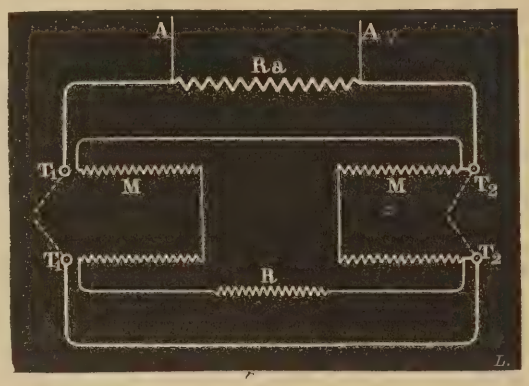


Fig. 3. — R_a Résistance pour la mesure du courant ; R Rhéostat intercalé dans les électros du moteur ; M, M bobines des électros ; T_1T_1 bornes du moteur ; T_2T_2 bornes du générateur.

Pour déterminer le travail perdu par suite de la rigidité de la courroie et dans les frottements des paliers, nous avons fait une expérience préliminaire avec le dynamomètre.

Le système marchant à une vitesse de 814 tours par minute, les liaisons des dynamos étaient rompues. La tension du ressort était alors de 9979 grammes ; le sens du mouvement étant renversé, la tension du ressort, à la même vitesse, était de 3629 grammes.

La différence des deux lectures donne le double de la puissance absorbée par les frottements, soit 1262 watts pour les deux machines, ou 631 watts par machine [1].

On a tenu compte de ce travail perdu, en le soustrayant dans chaque expérience de rendement ; c'est une quantité absolument arbitraire, variable avec le graissage, et avec la diposition et le poids de la courroie.

Dans le tableau ci-joint qui contient les résultats des expériences, les diverses colonnes ont la signification suivante :

(1) Déduction faite, bien entendu, de la tension initiale due au poids des poulies suspendues, etc. E. M.

(1) Voir la note à la fin de l'article.

TABLEAU I

I Vitesse des deux machines.
II Tension en grammes du ressort.
III Puissance transmise par la courroie.
IV Potentiel aux bornes du générateur.
V Courant dans les induits.
VI Résistance auxiliaire introduite dans les bobines des électros du moteur.
VII Puissance dissipée dans l'induit du générateur.
VIII — — du moteur.
IX — dans les électros du générateur.
X Puissance dissipée dans les électros du moteur.
XI — dans les conducteurs de secours, la résistance R_a et le rhéostat R.
XII Puissance électrique totale développée dans le générateur.
XIII Demi-puissance absorbée par la combinaison, et diminuée des pertes connues, dans les induits, les électros et les fils de secours.
XIV Puissance mécanique totale fournie au moteur (somme des colonnes XII et XIII).

—	I Tours par minute.	II Gram.	III Watts	IV Volts	V Ampères	VI Ohms	VII Watts	VIII Watts	JX Watts	X Watts	XI Watts	XII Watts	XIII Watts	XIV Watts
1	810	8 392	3324	129,1	21,6	1.39	13	4	984	861	110	4 720	676	5 396
2	801	9 299	3642	127,2	72.0	1.39	75	62	955	770	130	10 678	825	11 503
3	811	11 113	4413	125,8	150.0	2.72	267	223	935	825	294	21 014	935	21 949
4	808	10 433	4116	124,4	186.0	2.72	394	344	914	695	387	25 256	691	25 947
5	792	10 660	4124	116,5	211.0	2.72	501	445	801	608	454	26 592	657	27 249
6	798	16 897	6595	110,6	351.0	4.59	1317	1231	722	581	1099	41 567	822	42 389
7	764	17 690	6604	110,12	358.0	4.09	1360	1274	716	472	1117	42 086	831	42 917
8	766	17 804	6669	110,6	360.0	4.59	1335	1296	722	452	1151	42 451	856	43 307
9	778	16 556	6300	102,3	369.0	4.09	1443	1361	618	396	1176	40 304	653	40 957
10	756	20 412	7537	96,8	446.0	4.59	2070	1978	554	348	1668	46 242	459	46 701
11	808	9 526	4758	119,3	36.8	2.72	394	344	855	636	211	7 011	1009	8 020
12	802	—	1512	113,5	.....	...	...	. .	...	...	...	...	756	...
13	814	3 175	1262	...	...	...	...	...	...	...	...	...	631	...

Dans toutes ces expériences, de 1 à 10 inclusivement, les balais, soit du moteur, soit du générateur, étaient calés au point neutre (minimum d'étincelles). Dans l'expérience n° 11, au contraire, l'angle de calage était nul pour les balais du générateur, ce qui donnait lieu à de fortes étincelles pendant toute la durée de l'expérience.

Dans l'expérience n° 12, les électros étaient excités séparément avec une différence de potentiel de 113,5 volts aux bornes. Le travail absorbé doit être rapporté entièrement aux courants locaux dans l'âme de l'induit, et à la dissipation produite par le renversement de l'aimantation du noyau, deux fois par tour.

L'expérience n° 13 indique le travail perdu par les frottements des paliers et la raideur de la courroie, comme on l'a déjà indiqué.

On observera que les chiffres de la colonne XIII sont calculés, en déduisant le travail dissipé dans les induits et dans les électros, etc., de la puissance fournie à la combinaison, et mesurée au dynanomètre.

Par suite, ces chiffres se rapportent à l'énergie entière dissipée dans l'âme des induits, soit en courants de Foucault, soit par le renversement de l'aimantation, soit aussi par le travail correspondant aux courants locaux développés dans les pièces polaires, si tant est qu'ils existent ; et enfin, l'éner-

gie perdue par le renversement du courant dans chaque bobine de l'armature, lorsqu'elles sont successivement mises en court circuit par les balais.

Enfin, il y rentre encore les pertes d'énergie dans toutes les liaisons des machines, comprises entre le collecteur et les bornes, et le frottement des balais contre le collecteur.

Une expérience séparée a été faite également pour déterminer la perte de travail qui provient de ce dernier chef, mais elle est trop petite pour être déterminée directement au dynamomètre. D'après le mode de calcul de ces chiffres, toute erreur dans les mesures dynamométriques apparaitrait immédiatement.

Puisque, sans contredit, les deux premières pertes indiquées sont les plus importantes, et que les conditions qui les déterminent, ont été pratiquement les mêmes pendant toutes les expériencs, la concordance des chiffres de cette colonne XIII, est un criterium de l'exactitude des observations.

La limite de l'erreur de ces mesures est probablement de 100 watts; une pareille erreur n'affecterait pas le résultat de la détermination du rendement de 1/4 o/o à pleine charge.

On a supposé que la somme de ces pertes de travail se partage également entre les deux machines; cette hypothèse ne représente pas exactement les faits, parce que l'imensité des champs et celle des courants dans les deux induits diffèrent.

La différence, cependant, ne peut pas être considérable et si elle diminue le rendement du générateur, elle augmente celui du moteur de la même quantité, et réciproquement.

Dans l'expérience n° 11, l'effet des étincelles aux balais du générateur est très marqué, la puissance dissipée s'élève au moins à 250 watts.

Si l'on suppose qu'il y a une même dissipation d'énergie, lorsque l'aimantation du noyau est renversée, en diminuant et en augmentant son intensité, sans que sa direction change; ou bien, au contraire, lorsque l'aimantation est renversée par la rotation de sa direction, sans que l'intensité d'aimantation soit réduite à zéro, on peut calculer directement la valeur de cette dissipation [1].

L'âme de l'induit renferme environ 16400 centimètres cubes de fer doux; par suite cette perte d'énergie sera, à 800 tours, de :

$$16400 \times \frac{800}{60}\ 13356 \text{ ergs par seconde} = 292 \text{ watts}$$

Dans le tableau II, on a indiqué toutes ces pertes réduites en pour cent.

TABLEAU II

I Perte en o/o dans l'armature du générateur.
II — les électros —
III Perte de transformation en o/o dans le générateur.
IV Rendement en o/o du générateur.
V — moteur.
VI Rendement en o/o de la double conversion.

—	I Pour cent	II Pour eent	III Pour cent	IV Pour cent	V Pour cent	VI Pour cent
1	0.25	18.23	12.52	69.0	71.44	40.44
2	0.65	8.30	7.17	83.88	69.9	58.63
3	1.235	4.27	4.27	90.22	89.68	79.9
4	1.52	3.53	2.66	92.29	92.78	85.63
5	1.84	2.94	2.415	92.81	93.70	86.51
6	3.11	1.70	1.94	93.25	93.79	87.45
7	3.17	1.66	1.94	93.23	93.37	87.05
8	3.08	1.67	1.98	93.27	93.99	87.26
9	3.525	1.51	1.59	93.37	94.02	87.49
10	4.47	1.20	1.00	93.39	93.62	87.43
11	0.31	3.53	2.66	92.29	92.78	85.63

En se rapportant au tableau II, on voit que le rendement tend vers un maximum, quand le courant, circulant extérieurement aux machines, est d'environ 400 ampères.

Soit I le courant dans l'induit, ρ la résistance de celui-ci, W la puissance absorbée dans toutes les autres parties de la machine, le rendement est alors approximativement, à vitesse constante :

$$\mu = \frac{E\ I - W - \rho\ I^2}{E\ I}$$

E étant la force électromotrice.

[1] Voir notre article dans *La Lumière Electrique*, n° 7, p. 322 et 323, sur les travaux de M. Hopkinson sur ce sujet.

E. M.

Cette expression atteint son maximum, lorsque $\frac{W}{I} + \rho I$ est minimum, soit lorsqu'on a :

$$W = \rho I^2$$

ou lorsque la dissipation dans l'induit est égale à la somme des autres pertes de travail.

Pour la machine étudiée, les résultats de l'expérience vérifient cette déduction.

Mais, en pratique, la production de chaleur dans l'induit, lorsqu'un courant de 400 ampères circule d'une manière continue, serait trop grande et dépasserait la limite de sécurité que l'on doit exiger de pareilles machines.

De l'espace total libre pour l'enroulement, un quart seulement est occupé réellemeut par le cuivre, l'isolation et les espaces libres occupant le reste.

Si l'espace occupé par le cuivre pouvait être porté aux trois quarts de l'espace total, la surface de refroidissement restant la même, l'intensité du courant pourrait être augmentée de 75 o/o, le rendement augmenterait approximativement de 13 o/o ; les pertes, à l'excepion de celle qui a lieu dans le fil de l'induit restant approximativement les mêmes.

La dépense dans les électros pourrait également être réduite.

On a déjà fait voir que, pour une forme donnée du circuit magnétique et une force électromotrice donnée, la section du fil des électros est déterminée.

La longueur, par contre, est arbitraire, puisque, entre certaines limites, le nombre d'ampères-tours est indépendant de la longueur.

Une augmentation de la longueur donnerait donc lieu à une diminution proportionnelle de la puissance absorbée dans les électros.

Si la surface des électros est suffisante pour rayonner toute la chaleur engendrée, alors la longueur du fil est déterminée exactement par la règle de S. W. Thompson: le coût de l'énergie dépensée doit être égal à l'amortissement du conducteur.

ÉTUDE D'UNE MACHINE A ANNEAU GRAMME ET A PÔLES CONSÉQUENTS [1]

Description (2).—Dans cette machine (voir fig. 4, 5 et 6), le circuit magnétique est double; les pièces polaires sont en fonte et sont placées en dessus et en dessous de l'induit, et s'étendent latéralement. Les noyaux des électros sont en fer forgé de section circulaire, et viennent pénètrer dans les extrémités des pièces polaires, en sorte que la surface de contact entre le fer et la fonte est supérieure à la section des noyaux.

Les bobines magnétisantes sont formées de

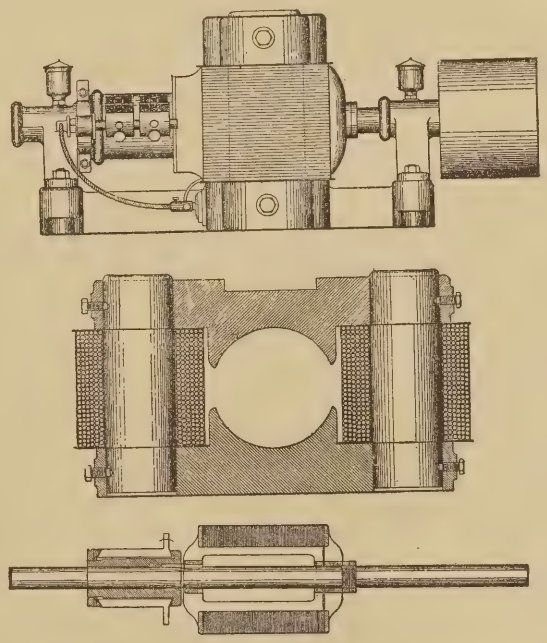


Fig 4, 5 et 6

2 196 tours de fil de cuivre n° 17 B. W. G. (1,47 m. m.) sur chaque électro, pour l'une des machines essayées (n° 1), et de 2 232 tours pour la seconde (n° 2).

Les pièces polaires sont alésées pour recevoir l'induit; l'espace libre entre les extrémités des prolongements des pièces polaires correspond à un angle au centre de 41°.

(1) Cette partie du travail de MM. Hopkinson a été ajoutée à leur mémoire postérieurement (17 août 1886).
E. M.

(2) Il s'agit ici d'une machine de MM. Mather et Platt, du type dit *Manchester*. E. M.

Les paliers sont supportés par des prolongements de la pièce polaire inférieure.

Les dimensions de la carcasse de la machine n° 1 sont les suivantes :

	Centimètres
Longueur des noyaux des électros entre les pièces polaires	26,0
Diamètre des noyaux (1)	15,22
Diamètre du logement de l'induit	25,7
Longueur des pièces polaires dans le sens de l'axe	24,1
Distance entre les prolongements des pièces polaires	8,6

L'âme de l'induit est formée de disques de tôle comme dans la machine déjà décrite; cette âme est reliée à l'axe par un moyeu et des bras en laiton, les fils passent entre ceux-ci.

Les dimensions principales sont les suivantes :

	Centimètres
Diamètre extérieur de l'âme	24,1
Diamètre intérieur	14,0
Longueur de l'âme entre les pièces terminales	24,1

L'anneau est enroulé d'après la schéma de Gramme, il compte 40 bobines formées chacune de 4 tours de fil n° 10 B. W. G. (3,4 m. m.); le nombre total de spires est donc de 160, et le fil ne forme qu'une seule couche à l'extérieur.

Le collecteur se compose de 40 segments.

Cette dynamo est munie d'un enroulement compound, et elle est destinée à fournir 105 volts et 130 ampères à une vitesse de 1050 tours par minute.

La résistance de l'induit est de 0,047 ohm, et celle des bobines en dérivation de 53,7 ohms.

Cette machine ne comporte pas de culasse, par conséquent les termes en l_4 et A_4 disparaissent de nos équations.

Il faut remarquer que la force magnétisante dans ce cas, est celle qui provient des tours de fil d'un seul électro, et qu'il faut compter comme section, la somme des sections de chaque noyau.

En calculant l'induction d'après la force électromotrice induite, il faut aussi se rappeler que deux tours de l'anneau correspondent à un tour de fil dan un tambour de Hefner-Alteneck.

Les divers termes de notre formule sont alors :

A_1 La section de l'âme de l'anneau est de 245 c.m² mais l'isolation la réduit à 220,5 c.m².

l_1 Nous avons admis 10 c.m., mais il est facile de voir qu'une erreur dans cette quantité affecte davantage la caractéristique de cette machine, que dans le cas précédent.

A_2 L'angle sous-tendu par les parties alésées des pièces polaires est de 139 degrés, et le rayon moyen de l'entrefer, de 12,45 c.m., la surface cylindrique est donc de 768,3 c.m², en ajoutant, comme nous l'avons vu dans le cas précédent, une frange d'une largeur égale à 0,8 de l'entrefer, on obtient 839.5 c.m² pour A_2.

l_2 est égal à 0,8 c.m.

A_3 est égal à 365 c.m, soit la section des deux noyaux d'électro.

l_3 est d'après ce que nous avons dit, égal à 26,0 c.m.

A_5 a été admis égal à 955 c.m., soit le double de la plus petite section des pièces polaires.

l_5 est une quantité mal déterminée, on l'a pris égal à 15 c.m.

L'expression que nous avons employée précédemment exige quelques modifications. Par le fait que les pièces polaires sont en fonte, il faut employer une fonction différente pour relier l'induction à la force magnétique, enfin il faut tenir compte que le flux total d'induction est différent, soit pour les électros, les pièces polaires, ou l'âme de l'induit.

L'équation générale est alors :

$$4\pi n i = l_1 f\left(\frac{F}{A_1}\right) + 2 l_2 \frac{v_2 F}{A_2} + l_3 f\left(\frac{v_3 F}{A_3}\right) + 2 l_5 f'\left(\frac{v_5 F}{A_5}\right)$$

La fonction $f'\left(\frac{F}{A}\right)$ a été déterminée par une expérience préalable (voir *Phil. Trans.*, vol. 176, 1885, p. 455, figure 52), v_2, v_3 et v_5 ont été déterminés expérimentalement, comme nous le verrons tout à l'heure.

$$v_2 = 1{,}05$$
$$v_5 = 1{,}18 \text{ (1)}$$
$$v_3 = 1{,}49$$

(1) Dans l'original, nous trouvons ce diamètre indiqué de 8,6 ce qui est évidemment une erreur, comme le montre du reste, les figures. Le chiffre indiqué a été calculé d'après la section donnée plus bas.

E. M.

(1) Dans l'original, ces deux derniers chiffres sont intervertis par erreur.

E. M.

On peut alors construire la caractéristique, figure 7. En comparant cette courbe avec celle relative à la machine Edison (fig. 4, p. 369), on voit que la différence la plus marquée, est que l'âme de l'induit est beaucoup plus fortement aimantée que les noyaux des électros.

Il n'existe aucune expérience publiée qui donne la force magnétique nécessaire pour produire une induction s'élevant comme dans ce cas, à un maximum de 20000 par c.m.^{2}.

Nous pouvons faire usage de la courbe d'induction expérimentale, pour en déduire grossièrement la courbe d'aimantation du matériel employé ; ainsi nous trouvons que pour cet échantillon particulier, une force de 740 par c.m. est nécessaire pour produire une induction de 20000 unités par c.m.^{2} ; mais ce résultat peut être entaché d'une erreur considérable.

Les observations faites sur les deux machines

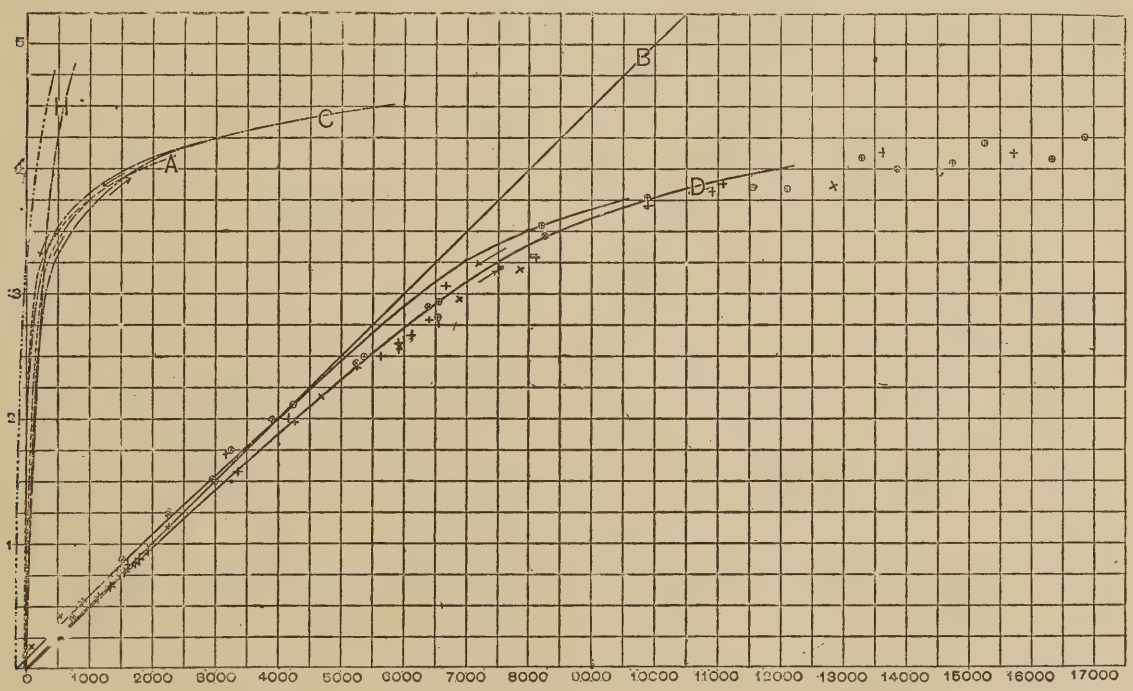


Fig. 7

Ordonnées : Induction totale dans l'armature rapportée à une unité égale à 10^6 C. G. S.
Abcisses : Force magnétisante totale $(4\pi n i)$

Résultats observés { Machine 1 valeurs ascendantes indiquées par le signe +; descendantes avec un cercle.
Machine 2 — — — × —

A, armature. C, noyaux des électros
B, entrefer. H, pièces polaires } D, courbe résultante.

sont indiquées ensemble, mais distinguées comme c'est indiqué.

Elles sont malheureusement moins exactes que celles relatives à la première machine, et nous les donnons plutôt comme illustration de notre méthode de synthèse.

EXPÉRIENCES POUR LA DÉTERMINATION DE ν_2, ν_3 ET ν_5

La méthode employée est, en principe, la même que celle décrite plus haut, elle n'a été appliquée qu'à la machine n° 1.

Comme l'indique la figure 8, un fil AA faisant quatre fois le tour des électros, était placé au milieu de ceux-ci, et on observait la déviation produite au galvanomètre balistique (par le renversement du courant d'excitation) ; on a trouvé ainsi 214 divisions, ce qui correspond à 107 pour les deux électros, en fonction d'une unité quelconque.

La bobine étant ensuite placée à la partie supérieure de l'électro, en B, B, la déviation était ré-

duite à 206, ou 103 pour les deux noyaux. Nous pouvons donc prendre 105 comme induction moyenne dans les électros.

Un fil faisant trois tours était ensuite placé en C C autour de l'induit et horizontalement; la dé-

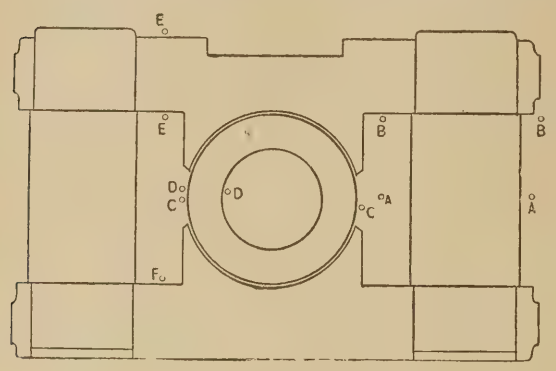


Fig. 8

viation était de 222, soit 74 en réduisant à la même unité.

Quatre tours de fil étaient ensuite roulés en D D autour de la moitié de l'induit, et la déviation était de 141, ce qui donne 70,5 pour l'induction dans l'âme de l'induit. Nous avons donc, par suite :

$$v_2 = \frac{74}{70,5} = 1,05 \text{ (1)}$$

Il convient de rappeler ici que v_2 dépend essentiellement de l'intensité du champ; rigoureusement, la ligne B de la figure 7 ne devrait pas être droite, mais légèrement courbe.

Quatre tours de fils étaient ensuite roulés en E E autour de la pièce polaire supérieure; la déviation était de 159, soit 79,5 pour les deux côtés.

En F F, on obtient une dérivation plus grande, soit 87,5, la différence provenant des lignes d'induction qui passent à travers les paliers de la machine, et de là en travers, à la partie supérieure des électros.

De ces résultats, il suit qu'on a :

$$v_5 = \frac{83,5}{70,5} = 1,18$$

La méthode et les appareils étaient tout à fait semblables à ceux employés dans les premières expériences; mais le courant était mesuré avec un galvanomètre gradué de Sir W. Thomson, d'une résistance de 0,034 ohm. Les bobines en série de la machine étaient également insérées, et la perte de travail due à leur résistance est indiquée dans les colonnes XII et XIII du tableau III.

TABLEAU III

Expériences.	I Degrés	II Tours	III Gram.	IV Watts	V Volts	VI Ampères	VII Ohms	VIII Watts	IX Watts	X Watts	XI Watts	XII Watts	XIII Watts	XIV Watts	XV Watts	XVI Watts	XVII Watts
1	17 5°	1098	7711	4419	100,1	139.0	∞	955	895	372	0	497	464	657	16395	289	16684
2	5	1094	2722	1554	103,8	41,2	18,8	105	78	400	138	55	41	148	5015	294	5309
3	0	1144	1814	1083	104,7	7,85	0	11	3	395	409	6	1	2	1637	128	1765

Colonne I Calage des balais, positif pour la génératrice, négatif pour le moteur.
— II Nombre de tours par minute.
— III Tension du ressort du dynamomètre.
— IV Puissance fournie par le dynamomètre.
— V Différence de potentiel aux bornes du générateur.
— VI Courant dans le circuit extérieur.
— VII Résistance du rhéostat.
— VIII Puissance dans l'armature du générateur.
— IX — moteur.
— X Travail perdu dans les bobines en dérivation du générateur.
— XI Travail perdu dans les bobines en dérivation du moteur.
Colonne XII Travail perdu dans les bobines en série du générateur.
— XIII Travail perdu dans les bobines en série du moteur.
— XIV Travail perdu dans les résistances extérieures.
— XV Puissance électrique totale du générateur.
— XVI Demi-somme des pertes non indiquées.
— XVII Puissance mécanique totale appliquée au générateur.

(1) Et des chiffres précédents, on tire aussi :

$$v_3 = \frac{10,5}{70,5} = 1,49.$$

E. M.

Le tableau IV indique le rapport en o/o des

TABLEAU IV

Expériences	Armature du générateur	Générateur bobines en dérivat.	Générateur bobines en série	Autres pertes	Rendement du générateur	Rendement du moteur	Rendement de la double conversion
1	58	22	3,0	1,9	87,1	89,0	77,5
2	20	75	1,0	5,5	84,0	92,0	77,7

diverses pertes, d'une manière semblable à ce que nous avons vu dans le tableau II, excepté naturellement ce qui concerne la dissipation dans les bobines en série des deux machines.

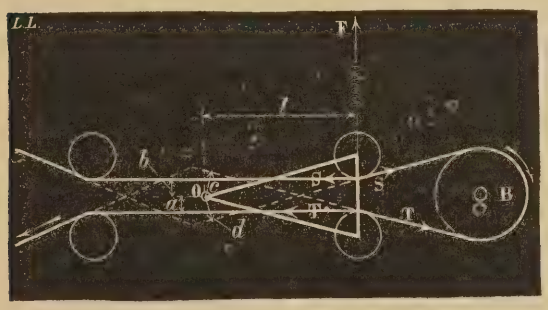
L'âme des armatures de ces machines contenant environ 6500 centimètres cubes de fer doux, l'énergie dépensée pour l'aimantation et la désaimantation, à une vitesse de 1100 tours par minute, est égale, par suite, à :

$$6500 \frac{1100}{60} \times 13356 \text{ ergs} = 159 \text{ watts}$$

[La partie expérimentale de ce travail a été exécutée dans le laboratoire de l'usine de MM. Mather et Platt à Salford.]

Note.— L'auteur passant rapidement sur cette question, quelques éclaircissements sur la théorie du dynamomètre de Hefner-Alteneck ne seront peut-être pas déplacés ici. En premier lieu, il est bien évident que le renversement de marche ne peut pas se faire pour toutes les allures, il n'est possible que grâce à l'action du poids du système articulé en O.

On peut graduer l'appareil de deux manières, ou bien



en négligeant ce poids, et en graduant le ressort, au moyen de poids additionnels, à partir de ce faux zéro, ou bien à partir de la position du ressort déchargé complètement, et alors en tenant compte de l'action résultante des poulies, etc., en la soustrayant de chaque lecture, cette force peut se déterminer précisément par le renversement du sens de la rotation.

Nous supposons d'abord que la position initiale du ressort F ou des poulies guides est quelconque, on a alors pour l'équilibre, pour le sens indiqué, en négligeant la raideur de la courroie, mais en tenant compte des tensions des 2 brins :

$$F\,l = P\,l + T\,(c + a) - S\,(d + b)$$

P étant la resultante du poids du système articulé,

Mais on a aussi :

$$R = T - S$$

R étant l'effort tangentiel sur la poulie B, (c'est ce que l'auteur appelle la tension de la courroie) ce qui donne :

$$(1) \quad F\,l = P\,l + T\Big(c + a - (d + b)\Big) + R\,(d + b)$$

Et la condition pour que l'effort F (diminué de P) soit proportionnel à l'effort tangentiel, est

$$c = d \qquad a = b$$

ce que l'on réalise précisément en ramenant toujours l'index inférieur sur son repère.

En renversant le sens du mouvement, on obtient l'équation :

$$(2) \quad F'\,l = P\,l - T\Big(c + a - (d + b)\Big) - R\,(d + b)$$

En soustrayant ces deux équations, on obtient :

$$(F - F')\,l = 2\,T\Big(c + a - (d + b)\Big) + 2\,R\,(d + b)$$

ou avec la restriction indiquée :

$$(F - F')\,l = 2\,R\,(d + b)$$

En additionnant, au contraire, on obtient toujours :

$$(F + F')\,l = 2\,P\,l$$

Ainsi dans le cas de la marche à vide indiqué par l'auteur, on a :

$$F = 9979 \qquad F' = 3629$$

et l'effort à introduire dans l'équation de la puissance est :

$$\frac{9979 - 3629}{2} = 3175 \text{ (voir tableau I, exper. 13, col. II)}$$

Et pour une expérience quelconque :

$$F - \frac{9979 + 3629}{2}$$

Si l'on introduit le terme relatif à la raideur de la courroie, les conclusions sont les mêmes ; il se trouve doublé par la soustraction, et disparait dans l'addition.

E. Meylan

DISPOSITION NOUVELLE

POUR

LE TÉLÉGRAPHE ÉCRIVANT

DE SIEMENS ET HALSKE

Dans le télégraphe écrivant de Siemens et Halske, de Berlin, la production des signes télégraphiques sur la bande de papier, n'a pas lieu, comme cela se fait dans d'autres appareils semblables, par l'action d'un couteau, faisant partie du levier d'armature de l'électro-aimant, et qui presse le papier au moment voulu contre la molette encrée.

Au contraire, dans cet appareil, le levier d'armature de l'électro du récepteur, fait appliquer la molette écrivante contre la bande de papier qui s'appuie contre une goupille fixe d'acier.

Cette molette baigne par sa partie inférieure dans un vase rempli d'encre noire ou bleue et assez profondément pour que, malgré les mouvements qui lui sont imprimés par l'action de l'armature, elle reste continuellement en contact avec le liquide.

Cette molette doit recevoir, en même temps, du mécanisme d'horlogerie, un mouvement de rotation continu pour assurer l'encrage de sa partie supérieure qui vient en contact avec la bande de papier. De plus, elle doit avoir un diamètre assez grand pour qu'une partie de sa périphérie plonge en tout temps dans l'encre, sans cependant que son axe ou le disque tout entier et la bande de papier soient barbouillés d'un excés de couleur.

D'un autre côté, les grandes molettes ne peuvent pas donner des traits à limites nettement accusées, de sorte qu'on doit reproduire les signes de l'alphabet Morse par des traits fins et allongés.

Pour remédier à ces inconvénients, MM. Siemens et Halske ont récemment créé une nouvelle disposition d'imprimeur, qu'ils ont fait breveter en Allemagne sous le n° 36796, à la date du 25 février 1886.

Pour pouvoir produire des traits à la fois épais et courts, ils ont imaginé de remplacer la molette portée à l'extrémité de l'allonge du levier d'armature par un petit rouleau d'un très petit diamètre (environ 2 millimètres) et d'une longueur relativement grande (à peu près 5 millimètres) ; l'encre est fournie alors à ce rouleau écrivant d'une manière continue, par l'action de la capillarité.

Dans les figures 1, 2 et 3, *a* représente le rouleau écrivant monté à l'extrémité du levier *s*. La surface de ce rouleau s'approche à 1/2, ou au plus à 1 millimètre de l'ouverture supérieure d'un canal *b* ayant environ 1 centimètre de long sur 5 millimètres de large, et 1/2 ou 1 millimètre d'épaisseur.

Ce canal est en fer blanc, ou en toute autre matière ; il plonge par son extrémité inférieure dans le récipient à encre qui, par l'action de la capillarité, monte jusqu'au rouleau. Sur ses deux faces ce canal est revêtu de bandes minces *c* (fig. 1 et 3) en cuir ou autre matière analogue, qui atteignent jusqu'à la hauteur de l'axe du rouleau écrivant et s'appliquent contre sa surface sur toute sa longueur.

L'intervalle formé par la surface inférieure du

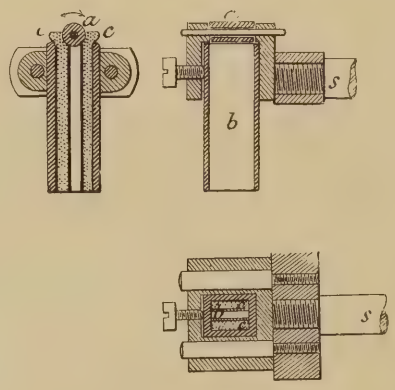


Fig. 1, 2 et 3.

rouleau et les deux bandes de cuir constitue ainsi un espace clos qui, par la capillarité, se remplit d'encre. Le rouleau en tournant frotte contre les bandes, qui en enlèvent l'excès de liquide, de sorte que sa surface supérieure, au moment où elle vient en contact avec le papier, n'a qu'un encrage modéré, qui reste le même, quelle que soit la vitesse de rotation du rouleau.

Cette disposition permet d'obtenir des traits aussi larges et en même temps aussi courts qu'on le désire ; à cause du faible diamètre du cylindre écrivant, les délimitations des signes sont toujours bien accentuées ; de plus, la couleur est partout uniforme et il n'est plus nécessaire, comme avec l'ancien système, de faire tourner le rouleau par le mouvement d'horlogerie.

Grâce à son faible diamètre et à sa grande sur-

face de contact, le seul mouvement du papier suffit pour lui imprimer la rotation nécessaire.

La figure 4 représente le nouveau dispositif écrivant comme il est placé, contre la face W de l'appareil; au-dessus, on remarque le petit arbre d'acier autour duquel passe la bande de papier

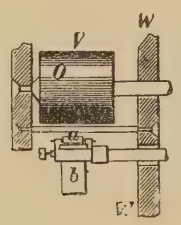


Fig. 4

avant de pénétrer entre les rouleaux qui la font avancer. Le rouleau inférieur de traction O, qui tourne sous l'action du mouvement d'horlogerie est également représenté sur cette figure.

SUPPORTS D'ISOLATEURS A ÉCARTEMENT VARIABLE DE C. GAUSE

On a souvent besoin de dériver d'une ligne

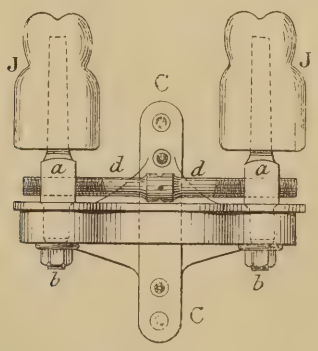


Fig. 1.

télégraphique des fils qui aboutissent, soit à un poste de sonnerie, soit dans les bureaux télégraphiques. Si on emploie au point de branchement, comme supports des isolateurs, des consoles en fer, sur lesquelles les isolateurs sont fixés d'une manière invariable, on se bute à certaines difficultés. Il est difficile, entr'autre, d'obtenir une tension uniforme.

Pour obvier à ces inconvénients, M. C. Gause de Bromberg, a imaginé (Brevet allemand n° 35998 du 21 novembre 1885), de rendre mobiles les supports *a*, *a* des isolateurs, par rapport à la console C, comme l'indique la figure. La régulation de la distance des deux isolateurs a lieu par la vis *d* à filets contraires, qui les relie.

Les supports *a* qui portent les isolateurs J, passent dans des trous pratiqués dans la table de la console ; ces trous sont allongés dans le sens de la vis *d*, de manière à permettre les déplacements.

Au moyen de deux écrous *b*, *b* on fixe alors les supports sur la console, dans la position désirée, et d'une manière définitive.

SCHEZET

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS ÉLECTRIQUES (1)

Les perfectionnements de detail apportés par M. *Volk*, à la voie des tramways électriques à conducteurs souterrains sont essentiellement pratiques.

Ainsi qu'on le voit par la figure 1, les con-

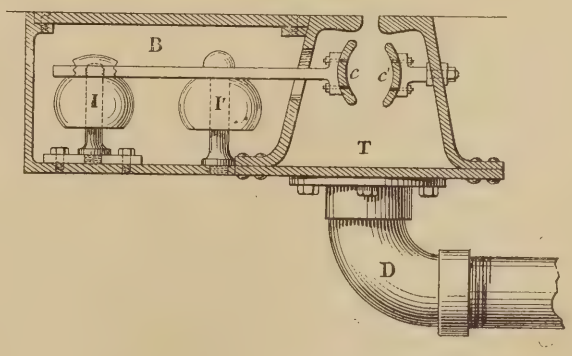


fig. 1. — Magnus Volk; coupe transversale.

ducteurs *c*, *c'* sont, dans ce système, parfaitement protégés à l'intérieur du rail en forme de

(1) *La Lumière Électrique*, 23 février, 1er et 7 juin, 27 septembre 1884; 16 mars, 13 juin, 21 octobre, 7 novembre 1885; 13 février et 31 juillet 1886.

caniveau T, drainé par les tuyaux D, et les isolateurs I sont à la fois complètement abrités et très accessibles à l'intérieur des branchements B, recouverts par des plaques de fonte. Cette disposition permet d'employer des isolateurs analogues à ceux des lignes télégraphiques, peu coûteux, et plus efficaces que les boutons ordinairement adoptés pour les voies des chemins de fer électriques.

Le but que se sont proposé MM. *Short* et *Nesmith*, ingénieurs de l'*Electric United States Company*, de Denver, est principalement de diminuer les frais d'entretien et d'établissement

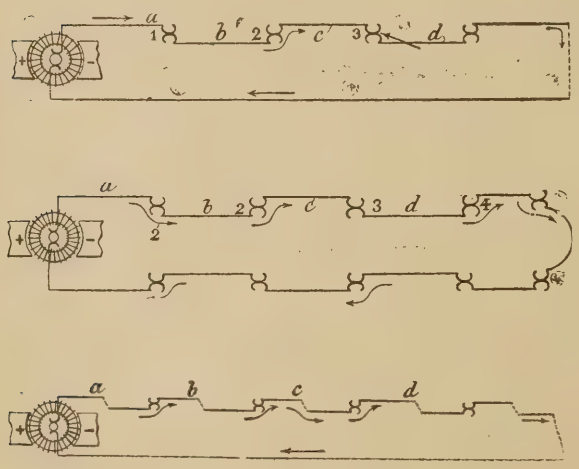


Fig. 2 3 et 4. — Short et Nesmith; voies unique, double et croisée

des conducteurs, en ne faisant plus frotter les contacts de la réceptrice qu'en certains points convenablement établis, et non sur toute leur longueur.

Les conducteurs sont, à cet effet, divisés en sections *a*, *b*, *c*..... (fig. 2 3 et 4) isolées partout, sauf en leurs points de contacts 1, 2, 3..... Lorsque la barre de contact de la réceptrice M (fig. 5) formée de deux lames *x* et *y*, séparées par un isolant, plus longues que les sections, et reliées à la réceptrice par les fils *o* et *p*, occupe la position indiquée à gauche de la figure 5, le courant de la génératrice parcourt le circuit et traverse la réceptrice suivant le trajet *a*, *x*, *o*, M, *p*, *y*, *b*....., et ainsi de suite pendant tout le parcours du tramway, puisque la barre de contact ne quitte une section qu'après avoir pénétré dans l'autre, comme on le voit à droite de la figure 5.

Or, en ce moment très court il est vrai, la réceptrice est séparée du circuit par la lame supérieure *x*. La disposition représentée par la figure 6 a pour objet d'éviter cette interruption nuisible, si l'on marche à grande vitesse. On en a indiqué

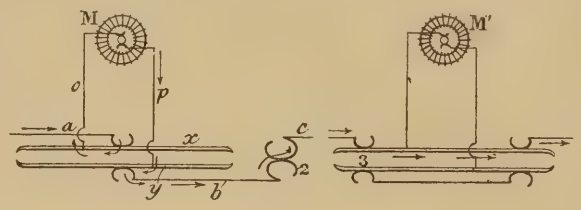


Fig. 5

le fonctionnement lors du passage de la barre de contact de la section *b* à la section *c* de la voie représentée par la figure 4, dont les contacts sont croisés d'une section à l'autre de façon que le courant les traverse toujours dans le même sens.

Ainsi qu'on le voit sur la figure 6, l'une des lames de contact, la lame inférieure par exemple, est interrompue en deux points *h* et *i*, de sorte que, dans la position figurée, le courant décrit le trajet *a*, *r*, *m*, *u*, M, *p*, *g*, *c*, après avoir attiré, par son passage dans l'électro *m*, l'armature *n*, de manière à rompre, comme l'indique la figure, le contact *n* — *t*, et à empêcher ainsi le passage direct du couranr par *r*, *m*, *u*, *t*, *s*, en dehors de la génératrice M.

Dès que le point 1 est franchi, le courant cesse

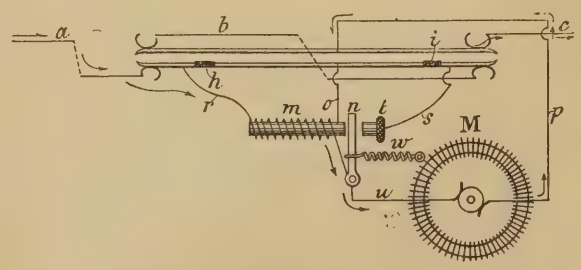


Fig. 6

de passer par *r*; le ressort *w*, rétablit le contact *n* — *t*, et le courant reprend son trajet normal *s*, *t*, *o*, M, *p*, à travers la réceptrice M.

Les figures 7 et 8 indiquent comment on peut arriver au même résultat plus simplement, sans employer l'électro *m*, en rognant les extrémités des lames de contact *x*, *y* de la barre de contact A, de sorte que le courant *m* ne puisse jamais tra-

verser la section intermédiaire *b* avant la fermeture des contacts *b c*, dès que la barre A les

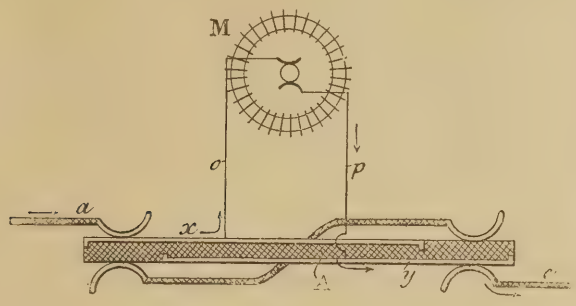


Fig. 7

quitte, dans son passage de droite à gauche.

La disposition représentée par la figure 9 a

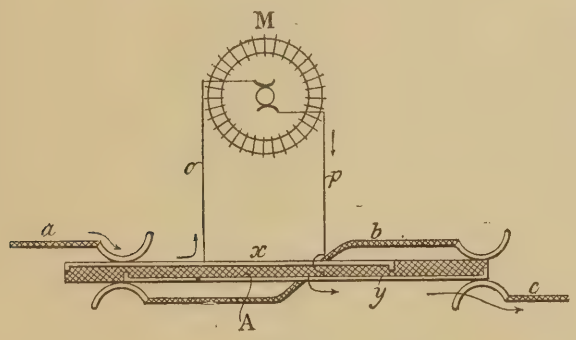


Fig. 8

pour objet de mettre les sections *a b* en court circuit, par les extrémités recourbées *t* des lames

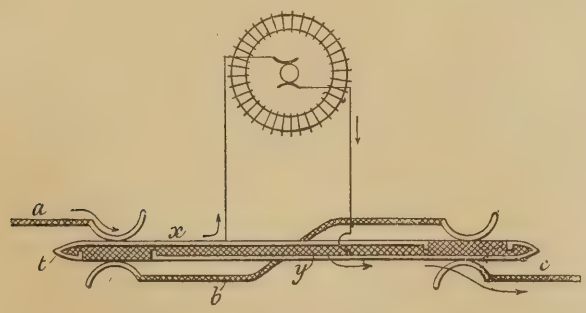


Fig. 9

de contact, pendant un temps très court, au moment où le tramway y pénètre, de façon à éviter les étincelles aux contacts.

Le système proposé par M. *Williams* a pour objet d'effectuer au moyen de l'électricité le transport des dépêches, par un procédé analogue à celui des tubes pneumatiques, en y remplaçant l'action du vide ou de l'air comprimé par les attractions successives d'une série de solénoïdes B_1 B_2 (fig. 10 et 11) sur une boîte d'acier aimanté G, mobile dans un tube de laiton A. Chacune des bobines B est pourvue, comme l'indiquent les figures, d'un aimant F, pouvant

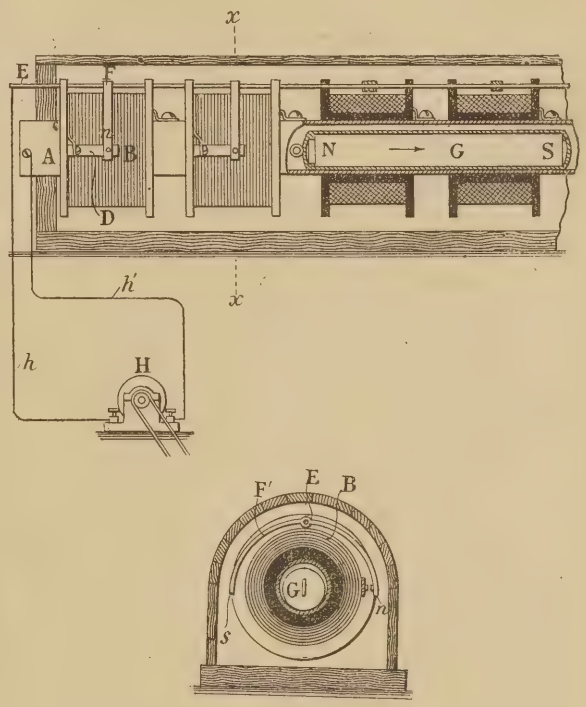


Fig. 10 et 11. — Williams; tube électrique, coupe longitudinale et suivant *xx*.

osciller autour d'un axe E relié à l'un des pôles de la dynamo H.

Lorsqu'on introduit le porteur G dans le tube A, son pôle S attire le pôle N de l'aimant F de la première bobine B, qui bascule et ferme, par le contact *a* (fig. 12), le circuit H*h*EFDB*h'*H de sorte que le porteur G reçoit, de la bobine B, une impulsion vers la droite. Dès que le pôle N du porteur pénètre dans la première bobine, son aimant F rompt le contact *a*, puis le pôle sud du porteur pénètre dans la deuxième bobine B_1, qui lui communique, comme la première, une nouvelle impulsion ; et ainsi de suite jusqu'à l'extrémité du parcours.

Il est probable que les chances de dérange-

ments et d'arrêts, les frais d'installation d'exploitation et d'entretien comparativement élevés de l'appareil de M. Williams lui feront préférer pour longtemps encore l'air comprimé, ou, si l'on

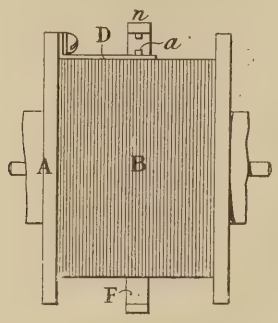


Fig. 12

tient à l'électricité, l'emploi de petits électromoteurs sur rails, plus simples plus puissants et plus économiques, comme l'ont déjà proposé MM. Siemens, Marcel Deprez, Bontemps et *l'Underground Cable C°* de Philadelphie.

GUSTAVE RICHARD

DEGRÉ DU VIDE

DANS LES

LAMPES A INCANDESCENCE [1]

Dans un précédent article, nous avons introduit la question d'une manière générale, et indiqué le sens des recherches qui ont été faites dernièrement sur ce sujet, ainsi que les procédés employés, il nous reste à voir aujourd'hui les résultats qui découlent de ces expériences.

RÉSULTATS DES ESSAIS

On peut admettre que la pression dans une lampe à incandescence, à froid, est inférieure à $\frac{1}{100}$ de millimètre de mercure.

A chaud, la pression de la lampe fermée croît rapidement jusqu'à une certaine valeur qui ne dépasse probablement pas $\frac{1}{20}$ de millimètre, valeur qui ne change plus pour un fonctionnement de plusieurs heures.

Le filament d'une lampe contient, en général, une très notable quantité de gaz absorbé dont le volume, ramené à la pression atmosphérique, peut surpasser de plusieurs centaines de fois celui du charbon. Pendant l'allumage, cette quantité de gaz reste, pour la plus grande partie, dans le charbon.

La lampe communique-t-elle, par contre, avec un espace plus grand, au préalable évacué, une quantité appréciable de gaz s'échappe graduellement pendant l'incandescence, de telle façon que la pression peut croître jusqu'à $\frac{1}{2}$ millimètre et même plus. La vitesse d'accroissement de pression diminue avec le temps. En éloignant fréquemment les portions de gaz expulsé, on arrive, si l'essai est continué assez longtemps, à dépouiller le charbon de la quantité totale de gaz absorbé et à évacuer complètement la lampe, aussi loin que la pompe le permet.

Les lampes Edison, Swan, Siemens, Bernstein n'offrent pas de différence très remarquable relativement au vide. Il y a des variations; cependant les écarts restent dans des limites telles que les résultats sont comparables.

Le charbon des lampes Muller semble posséder une puissance d'absorption moindre que celle des autres; par suite, il doit contenir aussi moins de gaz. Pour ce motif, la pression du gaz dans la lampe à froid comme dans la lampe à chaud atteint une valeur un peu plus élevée, ce qui est du reste sans signification pour la qualité de la lampe.

Le fait que toutes les lampes essayées contiennent encore une quantité importante de gaz ne provient pas du fonctionnement imparfait de la pompe à mercure employée, mais bien des propriétés physiques du charbon.

L'AURÉOLE

Au cours de ses recherches, M. Heim a souvent eu l'occasion d'apercevoir, après Edison et Puluj, l'auréole bleue qui, dans certaines conditions, se manifeste dans une lampe à incandescence en fonctionnement. Elle n'a rien de commun avec la lueur bleue de l'électrode négative d'un tube de Geissler, car elle se forme toujours à l'extrémité du filament par où entre le courant positif. Elle entoure comme d'une enveloppe bleue faiblement

---

(1) Voir *La Lumière Electrique*, n° 9, p. 415.

lumineuse l'extrémité positive du fil et une partie du conducteur métallique; elle a la forme d'une sphère dont le plus grand segment se trouve ordinairement du côté s'éloignant de l'extrémité négative du filament (fig. 4).

Par l'élévation de tension, le contour de cette auréole devient plus intense et plus accusé; un abaissement au contraire le rend plus pâle et plus confus. Elle réagit fortement sur un aimant voisin ; daus certaines conditions, l'aimant la provoque si elle n'existe pas. Le phénomène est d'autant plus remarquable, que la distance qui sépare les bouts du filament est plus grande.

Cette auréole ne s'est jamais produite pour aucune des lampes essayées, tant que celles-ci contenaient encore la quantité de gaz laissée

F.4

après la fabrication. Il fallait en évacuer une certaine quantité, tantôt plus grande tantôt plus petite, avant que le phénomène ne se manifestât. Pour une même quantité de gaz restant dans la lampe, l'existence de l'auréole est liée à une certaine limite de pression.

Si la lampe était évacuée à froid aussi loin que le permettait la pompe, l'auréole n'apparaissait pas tout de suite après la fermeture du courant, mais seulement 5 à 20 secondes après. A ce moment, la pression était de 3 à 5 centièmes de millimètre. La gaîne lumineuse brillait au commencement avec plus d'intensité, peu à peu elle pâlissait; elle disparaissait lorsque la pression montait à une certaine valeur. La pression limite était variable pour les différentes lampes, mais elle dépendait de la quantité de gaz existante. L'extinction a été observée pour des pressions variant entre 10 et 75 centièmes de millimètre.

Au fur et à mesure de l'enlèvement du gaz, l'auréole se montre, pour une même pression, colorée d'une manière plus intense, avec un contour mieux accusé ; elle ne disparaît pas par des secousses imprimées à la lampe, ni par des interruptions et des fermetures momentanées du courant ; son évanouissement se produit facilement, quand la quantité de gaz existante est encore grande. Le phénomène de l'auréole semblerait donc être un critérium de l'évacuation d'une lampe jusqu'à une certaine limite de pression et, en outre, de la présence d'une petite quantité de gaz dans le charbon.

La plupart des lampes du commerce ne sont pas évacuées jusqu'à ce degré. Cependant le cas s'est présenté pour quelques lampes Edison, parmi un grand nombre de lampes étudiées, où l'auréole était parfaitement visible pendant l'incandescence normale.

REMARQUES SUR LE DEGRÉ DE VIDE A OBTENIR DANS LA FABRICATION

Est-il avantageux de faire le vide jusqu'à la limite où apparaît l'auréole, ou bien est-il préférable d'arrêter plus tôt l'opération? Voilà la question.

Edison avait conclu de ses expériences sur ses lampes qu'un vide poussé trop loin était plutôt nuisible qu'utile, parce qu'il accélérait le noircissement de l'ampoule de verre par le charbon pulvérisé. Par cela même, la section du filament diminuait rapidement, sa durée en était abrégée. Cette opinion fut alors généralement partagée.

Les lampes essayées par M. Heim ont été presque toutes évacuées jusqu'à l'apparition de l'auréole, la plupart même davantage. A la fin des expériences, elles étaient toutes noircies, et bien plus que des lampes fournies par la fabrication courante, ayant brûlé le même nombre d'heures dans une installation régulière. A volume égal, à fonctionnement égal et au degré de vide à peu près égal, le noircissement était notablement différent pour les lampes des diverses fabriques.

En ce qui concerne le noircissement, l'idée de faire l'ampoule plus grande que ne l'exigent les dimensions du filament et la solidité de la lampe peut paraître pratique. En effet, pour un plus grand ballon, la même quantité de charbon désagrégé se répartirait sur une plus grande surface. Les rayons lumineux auraient à traverser une couche de charbon plus mince et l'absorption

de lumière serait considérablement amoindrie. L'exhaustion, malgré le plus grand volume, ne demande pas plus de temps que pour un petit modèle.

Les essais précédents ont montré que le charbon de toute lampe contient encore une quantité très considérable de gaz, dont une petite partie est toutefois enlevée à la fabrication pendant la dernière période d'exhaustion. On arrive ainsi à la conviction que l'on pourra abréger la durée de l'évacuation, sans pour cela nuire à la solidité et à l'économie de la lampe.

Il suffirait de fermer après environ 3 heure les lampes qui, jusqu'à présent, étaient placées sur la pompe pendant 4 à 5 heures, après les avoir fait brûler en dernier lieu durant une demi-heure, ou tout au plus 1 heure avec leur intensité lumineuse normale.

Cette dernière période est quelquefois sur passée de beaucoup dans la fabrication de maintes sortes de lampes. Par exemple pour les lampes Edison, on élève la tension de plus en plus jusqu'à une vive incandescence et jusqu'à ce qu'apparaisse dans l'ampoule, la lueur violette connue. Une lampe de 100 volts fonctionne fréquemment une demi-heure et davantage avec une tension de 120, et même 130 volts. On croit par là écarter le plus rapidement et le plus complètement possible l'air qui est encore à expulser.

Il y a de nombreuses expériences qui montrent combien est préjudiciable à la longévité d'une lampe, un excès de tension d'une dizaine de volts seulement au-dessus de la tension normale. Si l'on place devant une surface blanche des lampes, dont l'incandescence a été trop poussée pendant la fabrication, on verra une très notable couche de charbon déjà déposé sur l'enveloppe.

Une élévation de tension au-dessus du taux normal a-t-elle pour conséquence d'accélérer le dégagement du gaz du charbon ? Pour toutes les lampes essayées, une augmentation de tension de 10 à 12 volts n'avait aucune influence sur le temps nécessaire à l'expulsion du gaz. L'accroissement de pression qu'on constatait aux premières lectures provenait de l'élévation de la température du gaz libre existant dans la lampe. Aux lectures ultérieures, la pression n'augmentait pas plus vite qu'auparavant, alors que les lampes fonctionnaient normalement.

Il faut par conséquent admettre qu'à la température à laquelle brûlent les différentes sortes de lampes en usage, on a déjà atteint, et même dépassé, cette température limite à partir de laquelle la puissance d'absorption du charbon ne diminue plus avec la température. Il en résulte logiquement que *l'élévation de la tension au-dessus de sa valeur normale durant la fabrication ne conduit à rien, qu'à abréger la vie de la lampe* [1].

E. Dieudonné

CONSIDÉRATIONS SUR

L'EMPLOI DE RHÉOSTATS

COMME

RÉGULATEURS D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Tous les électriens connaissent la difficulté qu'il y a d'obtenir *pratiquement* par les procédés dits d'*autorégulation*, l'intensité constante, ou la différence de potentiel constante aux bornes d'une machine, lorsque la résistance du circuit extérieur varie même dans des limites assez restreintes.

Les théories et procédés, présentés jusqu'ici, montrent en effet, qu'il y a seulement possibilité d'obtenir de chaque côté d'une certaine valeur limite — de force électromotrice ou d'intensité, suivant le cas — de petites variations de la résistance extérieure, correspondant à une faible variation de la valeur limite précédente, qui est représentée graphiquement par la différence maximum des ordonnées d'une courbe et d'une droite passant par l'origine.

De plus, les limites entre lesquelles peut varier la résistance extérieure, sans que la force électromotrice ou l'intensité varie d'une manière notable,

---

[1] Voir sur ce sujet : *Elektrotechnische Zeitschrift*. novembre, décembre 1886, C. Heim ; vol. VII, p. 273, 1886, Kohlrausch. — *Annales de Wiedemann*, vol. 12, p. 438, 1881, Bessel-Hagen ; vol. 14, p. 451, 1881, Kayser ; vol. 12, p. 167, 1881, Chappuis ; vol. 16, p. 610, 1882, Bessel-Hagen ; vol. 17, p. 195, 1882, Hertz. — *Mémoires de l'Académie de Toulouse*, vol. 2, 1880, Joulin. — *Annales de Chimie et de Physique*, N. F. XII. — *Annales de Wiedemann*, supplément p. 4, 762, Joulin. — *La Lumière Électrique*, t. XIII, p. 216, 1884. — *Zeitschrift für Elektrotechnik*, 1883, Puluy.

sont en général de beaucoup inférieures à celles qu'il serait utile de réaliser dans la pratique.

Je saisis cette occasion pour rappeler que la théorie, basée sur l'emploi de la courbe des champs magnétiques à son origine, ne donne pas non plus l'autorégulation, telle que les faits la font désirer.

On a l'habitude de considérer, en effet, cette portion de courbe comme une ligne droite. Mais il est incontestable, aujourd'hui, que l'on ne peut pas mieux appliquer une ligne droite à l'origine qu'à la région de saturation.

Le problème de la régulation automatique n'est pas résolu, et nous doutons qu'on arrive à lui donner une solution sérieuse en suivant uniquement les spéculations dans lesquelles on s'est lancé jusqu'ici.

Toutefois, nous nous hâtons de dire, que nous croyons à la possibilité de donner à cet *important problème* une solution pratique et économique.

Le seul procédé qui réalise toutes les conditions qu'exige une bonne installation de l'éclairage électrique, est celui qui consiste en l'emploi de *résistances variables* intercalées soit sur le circuit inducteur, soit sur le circuit principal lui-même.

Dans certaines applications, on est conduit à l'emploi simultané de ces résistances variables. La régulation s'obtient alors avec une perte d'énergie.

Les premières résistances constituent ce qu'on appelle : les *Rhéostats régulateurs de champs magnétiques*.

Les secondes ont plutôt pour but de permetter la variation des effets lumineux, et sont surtout employées pour produire les jeux de scène dans nos théâtres.

Ces deux systèmes de rhéostats ne diffèrent que par le mode de variation de leurs résistances totales successives, c'est-à-dire par leur répartition aux touches d'une boîte de résistance.

Comme dans chacun de ces systèmes, il y a lieu de déterminer une résistance qui n'est pas uniformément répartie sur sa longueur, nous commencerons par étudier les conditions d'établissement d'une telle résistance.

DÉTERMINATION DES ÉLÉMENTS D'UNE RÉSISTANCE VARIABLE

Echauffement du conducteur. — Considérons d'abord une résistance uniformément répartie.

La loi de Joule nous indique que la chaleur totale produite par le courant d'intensité I, traversant cette résistance R est représentée par :

$$\frac{R I^2}{g J}$$

J étant l'équivalent mécanique de la chaleur : 430, et g la valeur de l'accélération dûe à la pesanteur (9,81 environ).

Cette quantité de chaleur se répartit suivant la résistance.

Si celle-ci est uniformément répartie, comme dans le cas d'une tige homogène de section constante, la température sera la même sur une file de molécules parallèle à l'axe.

Si, de plus, la surface extérieure du conducteur est une isotherme comme dans le cas d'une tige cylindrique, les radiations calorifiques seront uniformément réparties sur la surface extérieure.

Dans ce cas simple, la chaleur perdue par rayonnement sera exprimée par la formule :

$$\pi d l e \theta$$

dans laquelle :

d est le diamètre du fil cylindrique ;
l sa longueur ;
e son pouvoir émissif ;
θ l'excès de température à l'instant considéré.

L'équilibre de température sera atteint, lorsque le gain et la perte de chaleur se compenseront, ce qui s'exprime par l'équation :

$$\frac{R I^2}{g J} = \pi d l e \theta$$

or,

$$R = \frac{4 \rho}{\pi} \cdot \frac{l}{d^2}$$

ce qui donne la relation :

$$\frac{I^2}{d^3} = \frac{\pi^2 e g J \theta}{4 \rho}$$

Ainsi, pour que des fils de même substance et de diamètres différents, arrivent à la même température finale, il faut que les intensités soient telles qu'on ait la relation :

$$\frac{I^2}{d^3} = \text{constante}.$$

En remplaçant $\frac{\pi^2 g J}{4}$ par sa valeur numérique, la constante peut s'écrire : $10408 \left(\frac{e\theta}{\rho}\right)$.

Comme dans le calcul rationnel d'un câble de rhéostat cette fonction intervient, (car il est nécessaire que tous ses points soient à la même température) nous allons voir dans quelles limites cette fonction s'accorde avec les résultats d'expériences.

Les courbes (1) et (2) (fig. 1) sont la représentation des données expérimentales trouvées sur des fils de maillechort.

Les abscisses sont les intensités en ampères, les ordonnées, les diamètres des fils expérimentés.

Les courbes en pointillés indiquent le rapport $\left(\frac{4I}{\pi d^2}\right)$, ou ce qu'on est convenu d'appeler la densité de courant.

Résultats d'expériences sur la relation du diamètre des fils à l'intensité qui les traverse, pour une même température finale (fig. 1).

COURBE N° 1

Diamètre du fil en millimèttres (d)	Intensité en ampères (I)	Densité (δ)
0.5	2.5	12.7
1	5.2	6.6
2	16.5	5.2
3	36	5.0
4	60	4.8

COURBE N° 2

0.5	2.6	12.8
1	6	7.6
2	19	6.0 (1)
3	45.5	6.4
4	80	6.3
4.5	100	6.2

La constante de l'équation,

$$\frac{I^2}{d^3} = \text{constante}$$

pour la courbe (1) est de 45370, I étant exprimé en ampères, et d en centimètres.

Elle a été déterminée par le couple $I = 35$, $d = 0,3$.

On aurait alors les valeurs suivantes de I, calculées au moyen de l'équation :

$$I^2 = 45370\, d^3$$

$d = 0.1$	$I = 6.7$
0.2	19
0.4	54

En rapportant ces coordonnées sur la courbe d'expérience, on voit qu'ils ne se confondent pas très bien avec elle.

On en déduit que la quantité qui devrait être constante d'après le calcul précédent, ne l'est pas en réalité, au moins dans cette expérience.

L'équation :

$$I^2 = a\, d^3$$

représente la courbe réelle, à la condition que la quantité a, soit fonction de I, et de la forme $(\alpha + \beta I)$.

Les expériences sont d'ailleurs difficiles et délicates, vu toutes les corrections qu'elles entraînent.

Quoi qu'il en soit, on peut considérer la formule établie par le calcul, comme suffisante pour les besoins de la pratique.

D'ailleurs, à mesure que les intensités croîtront en valeurs absolues, on pourra supposer simplement la densité de courant constante, c'est-à-dire :

$$I = \frac{\delta \pi}{4} d^2$$

SOLUTION GÉNÉRALE DE LA DÉTERMINTION D'UNE RÉSISTANCE NON UNIFORMÉMENT RÉPARTIE.

Supposons maintenant que les résistances totales successives soient connues en même temps que les intensités du courant.

Représentons cette loi par la fonction générale

$$R = f(I) \tag{1}$$

La considération d'une tranche élémentaire de la résistance, nous donne l'équation :

$$R = \rho \int \frac{d\,l}{s}$$

(1) La valeur 6 de la densité dans cette expérience, provient de ce que le fil de 2 millimètres avait une résistance spécifique notablement supérieure à celle des autres échantillons.

ρ sort de l'intégrale et est constante, puisque nous admettons implicitement que le métal se trouve partout à la même température θ du régime d'équilibre.

L'expression (1) peut alors s'écrire,

$$\rho \int \frac{d\,l}{s} = f(\mathrm{I})$$

Dans le cas d'un fil cylindrique,

$$s = \frac{\pi\, d^2}{4}$$

on a donc :

$$(2) \quad \frac{4\rho}{\pi} \int \frac{d\,l}{d^2} = f(\mathrm{I})$$

D'un autre côté, nous avons vu qu'il devait exister une certaine relation entre d et I, pour que la température du câble soit constante.

Représentons encore d'une manière générale, cette relation par la fonction :

$$(3) \quad d = \varphi(\mathrm{I})$$

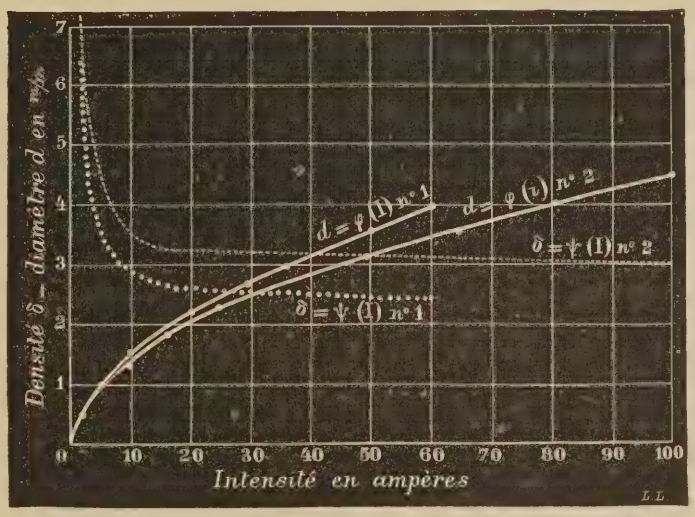


Fig. 1

L'équation (2) devient alors, en la différentiant:

$$\frac{4\rho}{\pi} \frac{d\,l}{[\varphi(\mathrm{I})]^2} = d\,f(\mathrm{I})$$

Intégrant par rapport à l, on a la variation de l, en fonction de (I) :

$$(4) \qquad l = \frac{\pi}{4\rho} \int_{\mathrm{I}_2}^{\mathrm{I}_1} [\varphi(\mathrm{I})]^2\, d.\, f(\mathrm{I})$$

I_1 et I_2 étant les limites du courant pour lesquelles le rhéostat doit fonctionner.

La connaissance des fonctions φ (I) et f (I) permettra de résoudre cette intégrale, et les éléments du rhéostat (longueur et section) seront connus.

Eliminant d'ailleurs I entre les équations (3) et (4), on aura une fonction de l, d qui déterminera complètement la résistance.

Le rhéostat, construit de cette façon là, seulement, permettrait d'obtenir une température constante sur toute sa longueur.

Dans la pratique, on ne saurait songer à fabriquer un fil de maillechort à section décroissante. Mais on substitue à la continuité de décroissance, une série de câbles cylindriques de petites longueurs à section décroissante, que l'on soude bout à bout.

On constitue plutôt un câble par un certain nombre de petits fils, dont les longueurs sont différentes à partir d'une même origine qui forme une extrémité de ce câble.

La formule que nous avons déterminée précédemment, représente avec assez d'exactitude, la construction d'une résistance, lorsque celle-ci est formée par une bande de maillechort ou de toile métallique, dont on peut pratiquement faire varier la largeur, suivant la continuité exigée par l'établissement de l'équilibre de température.

Mais alors la relation qui lie cette largeur à l'intensité, n'est pas la même que celle qui lie le diamètre à l'intensité qui passe dans la section correspondante.

La détermination de cette fonction présente des calculs trop compliqués, vu le résultat auquel elle conduit, pour que je l'expose ici.

Le but de notre travail est d'indiquer les procédés rapides de la détermination des câbles des rhéostats, qui satisfont aux conditions pratiques de fonctionnement.

Dans ce cas, l'emploi des méthodes graphiques conduit à des chiffres s'approchant suffisamment de ceux qu'indique un calcul exact, et elles on

l'avantage d'être beaucoup plus simples que lesdits calculs.

La connaissance des fonctions f (I) et φ (I), surtout la première, nécessite une détermination fondamentale; c'est ce dont nous nous occuperons dans un prochain article.

CH. REIGNIER

(A suivre)

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Détermination des flux de force des systèmes électromagnétiques quelconques. Méthode de la servo-variation de l'induction, par M. G. Cabanellas (1).

La note présentée à l'Académie, le 31 janvier, par M. Leduc me paraît donner lieu tout d'abord à deux observations :

1° Les formules reliant le temps d'établissement et le courant

$$i = I\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) \quad \text{ou} \quad t = \frac{S\,m}{R}\,L\,\frac{I}{I - i}$$

m densité de flux pour $i = 1$, S surface du flux total, ne sont même pas toujours pratiquement légitimes lorsque L est constant, car le calcul admet que E et R sont des constantes, ce qui n'existe généralement pas, à beaucoup près, avec les piles pendant la période variable, à moins d'employer une pile d'une surface très considérable, tout à fait disproportionnée avec les seuls besoins du régime permanent.

Parmi les autres causes de désaccord, je suppose qu'il y aurait lieu de placer, à un rang important, le mode d'évaluation de m qui, dans l'application citée par M. Leduc, a dû lui faire attribuer une valeur trop faible, la valeur dans l'entrefer pouvant être très amoindrie.

2° M. Leduc dit que l'équation différentielle $(E - R\,i)\,dt = d\varphi$ n'est exacte qu'en négligeant : a le retard dans l'aimantation ; b l'énergie transformée en chaleur par les courants induits dans le fer ; c le magnétisme rémanent ou permanent.

Or cette équation est toujours rigoureusement satisfaite, pourvu qu'on tienne compte de la force contre-électromotrice η imputable à la cause b (nous donnerons plus bas le moyen d'en obtenir la valeur). Quant aux causes a et c, elles ne peuvent que diminuer $d\varphi$ et, par conséquent, $\frac{d\varphi}{dt}$ ou e force électromotrice d'induction, mais ces causes sont inaptes à porter aucun trouble dans l'équation

$$(\alpha) \qquad E - R\,i - e - \eta = 0$$

e et η représentant, à tout dt, les pièces comptables du bilan que la Nature tient toujours exactement équilibré.

Ces remarques nous conduisent à l'indication de la méthode. L'équation (α) n'est autre que

$$d\varphi = (E - R\,i)\,dt - \eta\,dt \quad \text{ou} \quad \varphi = \int (E - R\,i)\,dt - \int \eta\,dt$$

Si l'on néglige le second terme du second membre, il suffirait d'observer i avec un galvanomètre d'une convenable apériodicité, puis de tracer la courbe $e = f(t)$ et d'en sommer la surface par un intégrateur mécanique, mais il est préférable d'échapper aux variations des éléments de la pile en considérant seulement la bobine excitatrice de résistance r ; la différence de potentiel à la bobine étant ε, on a encore

$$e = \varepsilon - r\,i$$

C'est sous cette forme que la très bonne idée en est venue à mon collaborateur, M. Arnoux.

Toutefois, le défaut de ce moyen de mesure était : de sommer une surface trop grande de la quantité $\int \eta\,dt$ pour la fermeture ; de ne pas être pratiquement applicable en dehors d'une lenteur convenable du phénomène ; d'être toujours, comme exactitude relative, subordonné à la rapidité variable des différentes phases du phénomène ; de ne pas se prêter à toutes les vérifications désirables.

J'ai eu l'idée de faire varier *à volonté* la résis-

(1) Note présentée à l'Académie des Sciences, le 21 février 1887,

tance totale R ou la force électromotrice E, ou l'une ou l'autre, de façon à commander arbitrairement la marche graduelle du phénomène, et d'employer, pour observer e, une spirale induite indépendante.

Dès lors, η n'intervient plus pour fausser la valeur de e; le flux est déterminé facilement en chaque point du circuit magnétique; la force électromatrice engendrée dans cette spirale part de zéro pour grandir avec la lenteur arbitraire que choisit l'expérimentateur. L'ordonnée peut rester constante, passer par un maximum ou par plusieurs, et revenir à o suivant une loi quelconque [1].

Nous avons ainsi complètement asservi les phénomènes, au point de pouvoir employer la méthode sur un noyau de fils de fer très fins qui, avec fermeture brusque, atteindrait instantanément l'état magnétique définitif; nous forçons le phénomène à durer le nombre de secondes qui nous convient, ne laissant croître i qu'à notre volonté. Ce cas particulier permet une vérification par comparaison avec la méthode usuelle de déflexion au galvanomètre périodique.

Il est important de remarquer que, dans tous les cas, avec un noyau quelconque divisé ou massif, il suffit de changer la loi arbitraire de variation du même courant final du système, pour constituer des vérifications du résultat numérique, aussi nombreuses qu'on le veut, par la méthode elle même de *la servo-variation de l'induction.*

Sur une méthode de détermination du flux d'induction qui traverse un système électromagnétique, par M. R. Arnoux [1].

La détermination expérimentale du flux d'induction qui traverse un système électromagnétique (machine dynamo, transformateur d'induction) présente un intérêt à la fois théorique et pratique considérable.

Partant de la définition, généralement adoptée aujourd'hui, qu'à donnée Maxwell de la force électromotrice d'induction, si l'on désigne par ε cette force et par t le temps pendant lequel elle persiste, le flux magnétique sera déterminé par l'équation.

$$F = \int \varepsilon \, d t \tag{1}$$

Jusqu'ici cette détermination a toujours été effectuée par une méthode, détournée en quelque sorte, basée sur l'emploi du galvanomètre balistique. Si l'on admet en effet que la loi de Ohm soit applicable à chaque instant de la période variable, on a

$$\int \varepsilon \, d t = R \int i \, d t = F \tag{2}$$

R désignant la résistance totale du circuit. Mais il importe de remarquer que cette méthode suppose expressément que la variation du flux d'induction soit assez rapide pour que le mobile du galvanomètre reçoive une impulsion instantanée. Or, il est rare qu'il en soit ainsi dans la pratique industrielle, surtout lorsque les appareils atteignent de grandes dimensions et qu'une portion notable du flux créé traverse un métal magnétique, comme c'est généralement le cas.

L'expérience montre en effet que, dans ces appareils, le temps nécessaire au courant ou au flux pour atteindre la même fraction de sa valeur définitive croît beaucoup plus vite que les dimensions (durée d'amorçage des machines semblables). Il est évident qu'en augmentant parallèlement les dimensions du galvanomètre balistique, on peut toujours arriver à intégrer le phénomène avec la même approximation; mais l'expérience montre que, pour obtenir ce résultat, les appareils industriels exigent des galvanomètres de dimensions absolument inadmissibles dans la pratique.

Ces considérations m'ont engagé à chercher s'il ne serait pas possible d'arriver par une autre méthode que celle du galvanomètre balistique à la mesure du flux d'induction magnétique. J'y suis parvenu par une méthode qui est beaucoup plus

[1] Traçant les courbes $e = f_1(t)$ et $e + \eta = f_2(t)$, nous aurons

$$\eta = f_3(t)$$

si nous avons aussi observé $i = f_4(t)$, nous pouvons tracer $\eta i = f_5(t)$ qui, avec l'intégrateur, donnera l'énergie dépensée en chaleur dans le fer du noyau massif. Il est intéressant de comparer ce résultat avec cette prévision théorique que la grandeur de l'énergie en question, toutes choses égales d'ailleurs, variera proportionnellement à l'inverse de t. L'énergie d'excitation proprement dite s'obtiendrait par $\int ei'dt$.

[1] Note présentée à l'Académie des Sciences, le 11 février 1887.

naturelle, en ce sens qu'elle consiste à déterminer expérimentalement la loi de variation de la force électromotrice d'induction en fonction du temps à l'aide d'appareils à indications rapides, électromètre capillaire de M. Lippmann ou galvanomètres à masses mobiles aussi réduites que possible et placées dans un champ magnétique intense.

L'intégration *graphique* de la courbe ainsi obtenue, opération qui s'effectue aisément aujourd'hui à $\frac{1}{300}$ près à l'aide d'un planimètre ou d'un intégraphe, fait connaître la valeur du flux d'induction.

L'appareil actuellement employé dans les mesures, et dont l'exécution a été confiée à M. J. Carpentier, est un galvanomètre à cadre mobile de très petites dimensions. Un autre galvanomètre différentiel à aiguille de fer doux, extrêmement légère, placée dans un champ magnétique intense, est actuellement en voie d'exécution chez le même constructeur.

Mode opératoire. — Le système électromagnétique considéré est brusquement placé sur un électromoteur de force électromotrice E (pile, accumulateur). Dans ces conditions, l'équation différentielle est

$$(3) \qquad dF = (E - iR)\,dt$$

Lorsque la force électromotrice E est constante, la détermination du flux revient simplement à celle de la loi de variation du courant excitatenr en fonction du temps. Dans ce cas, en effet, l'équation précédente intégrée donne

$$(4) \qquad F = Et - R\int i\,dt$$

Mais, en pratique, on ne peut jamais être assuré de la constance de E pendant tout l'intervalle d'une mesure, et la détermination de i en fonction de t ne suffit plus. Je suis parvenu à tourner la difficulté en rendant différentiel le galvanomètre employé. Un des circuits de ce galvanomètre est taré de façon à donner (en volts) le produit de l'intensité i du courant par la résistance intérieure r de l'appareil, et la résistance de l'autre circuit est réglée de façon que, placé en dérivation aux bornes du système, un équilibre rigoureux soit obtenu en régime permanent. Il est clair qu'en régime variable, cet équilibre étant rompu, la déviation du galvanomètre est à chaque instant proportionnelle à la différence ($e = ir$), c'est-à-dire à la force électromotrice d'induction e, et le flux d'induction *total* établi dans l'appareil est donné en unités C. G. S. par l'équation

$$(5) \qquad F = 10^8 \int (e - ir)\,dt$$

Ce flux, divisé par le nombre N des spires du fil, donne évidemment la valeur du flux d'induction *moyen*, puisque le circuit total du système est intéressé dans la mesure. Il est bien évident que, si l'on a uniquement en vue de déterminer la valeur finale du flux, sa loi de variation en fonction du temps peut être rendue absolument quelconque. On peut, par exemple, régler, comme nous le faisons à l'aide d'un rhéostat spécial, son établissement avec toute la lenteur désirable pour les mesures et augmenter ainsi autant qu'on veut leur précision, l'erreur due à l'inertie des pièces mobiles du galvanomètre devenant aussi, par ce fait, absolument négligeable.

Comme je le dis au commencement de cette Note, la détermination du flux d'induction magnétique est d'une importance capitale dans la construction des dynamos. Actuellement, il n'existe aucune méthode pour mesurer ce flux. Celle que je viens de décrire peut être facilement appliquée aux machines en utilisant leur période d'*amorçage*. Pour fixer les idées, considérons une machine shunt tournant à une vitesse uniforme ou à peu près, le circuit inducteur seul étant ouvert. On place le circuit résistant du galvanomètre, taré et réglé à l'avance pour le régime permanent, en dérivation sur les balais et l'autre circuit en tension sur celui des inducteurs; puis on ferme ce dernier. Il est clair que, lorsque le régime permanent sera atteint, le flux d'induction total qui traverse à ce moment la machine sera déterminé par la relation (5). D'autre part, si l'on désigne par E la force électromotrice (en volts) développée alors par l'armature, l'équation (1) donne pour la valeur F′ du flux d'induction qui la traverse

$$F' = 6.10^9 \frac{E}{N' n}$$

équation dans laquelle N′ est le nombre total de

tours du fil enroulé sur l'armature, et n le nombre de tours effectués par minute. Le rapport de F' à $\frac{F}{N}$ fait connaitre la fraction du flux *moyen* inducteur utilisée dans l'armature et met ainsi sur la voie de perfectionnements à apporter.

Théorie de l'action voltaïque, par J. Brown (1).

On n'a pas encore donné une explication du développement de l'électricité au contact de deux métaux hétérogènes, qui soit à l'abri de toute critique. Les dernières expériences faites à ce sujet, entr'autres celles de Ayrton et Perry, de Pellat, de Van Zohn, ont été reprises et développées par M. Brown, qui en a déduit les conclusions suivantes :

1° La différence de potentiel de deux métaux

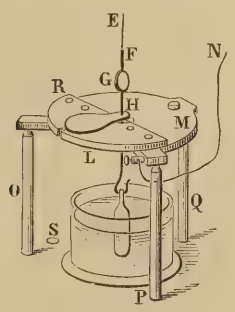


Fig. 1

en contact, mesurée électrostatiquement, est due à l'action chimique de couches de vapeur ou de gaz condensés à la surface des métaux.

2° Les deux métaux et leurs couches adhérentes peuvent être comparés à une pile ayant les mêmes métaux comme électrodes, et les deux couches liquides ou demi-liquides comme électrolytes, celles-ci étant séparées par un diaphragme isolant d'air ou de gaz.

M. Brown a mesuré la différence de potentiel existant entre les faces extérieures des deux couches condensées et les métaux, à l'aide d'un électromètre à quadrants bimétalliques R et L (fig. 1). Ceux-ci sont formés des métaux à étudier et sont fixés sur une plaque d'ébonite M, supportée par les trois vis O, P, Q, qui permettent de placer les quadrants symétriquement par rapport à l'aiguille. Le quadrant R est relié à la terre, et L ainsi que l'aiguille H sont en communication avec les pôles d'une batterie de 100 éléments Daniell; un commutateur permet de changer le sens de

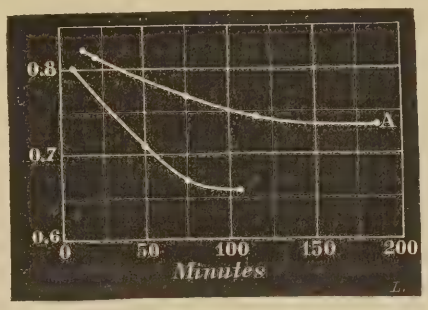


Fig. 2

l'électrisation. L'aiguille H est suspendue par un fil de platine sans torsion, tendu par un poids qui plonge dans de l'eau ou un autre liquide.

Tout l'appareil est placé dans une boîte métallique, hermétiquement close, munie sur l'un de ses côtés d'une plaque de verre. Deux tubes permettent d'y introduire un gaz quelconque. Les lectures se font à l'aide du miroir concave G et d'une échelle; on observe les déviations à gauche et à droite en changeant le sens de la charge de l'aiguille et du quadrant L, et on en prend la moyenne.

Toutes les mesures sont rapportées à la force

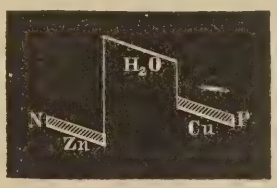


Fig. 3

électromotrice de l'élément Daniell, composé de trois tubes dont le premier contient la solution de sulfate de zinc et l'électrode de zinc non amalgamé; le second renferme de l'eau distillée, et le troisième la solution de sulfate de cuivre et l'électrode de cuivre.

L'auteur a d'abord étudié la différence de potentiel produite par un couple zinc, cuivre, laissé longtemps à l'air; il a trouvé les résultats que

(1) *Proceedings of the royal Society*, 1886, vol. XLI, p. 294.

donnent les courbes de la figure 2; la différence de potentiel descend de 0,8 Daniel à 0,6 environ au bout de quelques heures, et demeure ensuite constante pendant plusieurs jours.

M. Brown en conclut qu'il se produit à la surface des métaux une oxydation recouvrant ceux-ci d'une couche plus ou moins protectrice. Il en est de même pour le plomb, l'étain, le fer; ce dernier devenant pour ainsi dire passif à la suite de cette oxydation.

L'action de divers gaz sur les couples en pré-

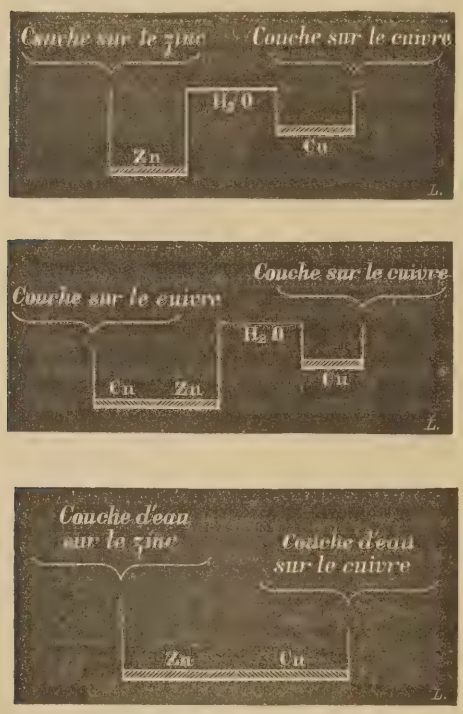


Fig. 4, 5 et 6.

sence a été ensuite étudiée. Un couple cuivre-fer donnait, dans l'air, une force électromotrice de 0,06 Daniell environ, le fer étant positif, le cuivre négatif.

Dès qu'on introduit dans l'électromètre de l'hydrogène sulfuré, le sens de la polarisation change et la nouvelle force électromotrice diminue lentement.

Si on remplace ce gaz par de l'air, le fer redevient peu à peu positif et on remarque que la surface des deux métaux a été un peu attaquée.

Un phénomène analogue, mais moins sensible, se produit avec un couple argent, fer, et la polarisation des couples cuivre, fer et cuivre, nickel change lorsque ceux-ci sont plongés dans le gaz ammoniac.

Ce changement de sens de la force électromotrice de contact, obtenu en modifiant le milieu ambiant entourant les métaux, est analogue à celui qu'on produit dans des cellules électrolytiques, ayant les mêmes métaux comme électrodes, lorsqu'on ajoute divers liquides à l'électrolyte.

La couche liquide ou gazeuse, adhérant aux métaux en contact, est modifiée par l'oxydation de ceux-ci ou par la formation d'autres composés chimiques et produit ainsi les phénomènes indiqués ci-dessus.

Cette oxydation se produit aussi dans l'air et, quelles que soient les précautions que l'on prenne, en nettoyant et en polissant les métaux avant de mesurer leur différence de potentiel, les surfaces de contact se modifient immédiatement et on

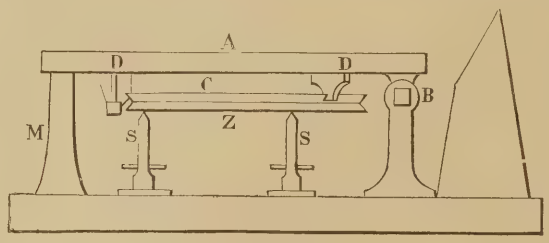


Fig. 7

n'obtient jamais la force électromotrice due au contact des métaux chimiquement purs.

L'auteur ne croit du reste pas que, dans ce cas, une différence de potentiel se fasse sentir, car il attribue celle-ci uniquement à des actions chimiques.

A l'appui de cette théorie, M. Brown mentionne une variation de force électromotrice avec le degré hygrométrique de l'air de l'électromètre.

En outre, le couple cuivre, zinc humide donne la même différence de potentiel que ces deux métaux plongés séparément dans de l'eau distillée.

L'auteur de ce mémoire cite ensuite quelques expériences sur la force électromotrice de contact produite entre un liquide et un métal, ou plutôt entre un liquide et la couche liquide ou gazeuse condensée sur la surface du métal. On s'est servi d'un condensateur (fig. 7) de Volta, à armatures de cuivre et de zinc, dont la distance pouvait être réglée à volonté et mesurée à l'aide d'une vis micrométrique fixée sur le support M de l'appa-

reil. On éloigne les deux plaques juste assez pour qu'il n'y ait pas de contact métallique, ce qu'on vérifie au moyen d'un galvanomètre très sensible ou d'un téléphone, et on mesure, dans cette position, la distance des armatures; cette distance augmente lorsque le degré hygroscopique de l'air environnant diminue.

On peut même polariser ce condensateur par le courant d'une pile Leclanché; on a ainsi un élément dont l'électrolyte est formé par les couches semi-liquides adhérentes à la surface des métaux; celles-ci se trouvaient encore en contact, tandis que les métaux eux-mêmes ne se touchaient plus.

Ces expériences montrent donc que la différence de potentiel s'annule dès que l'action chimique exercée par la vapeur d'eau sur les métaux en contact cesse.

Dr A. P.

Méthode de mesure du coefficient de self-induction d'une spirale (1)**, par G. H. Wyss.**

Maxwell, dans son traité d'électricité et de magnétisme, a développé trois méthodes pour déterminer expérimentalement le coefficient de self-induction d'une bobine, la troisième a été appliquée avec succès par Brillonin à des mesures très précises. Herwig a fait servir une méthode employée par Edlund pour l'étude des extra-courants à la détermination de cet élément si important des bobines. Culmann, enfin, a montré que l'emploi d'une méthode indiquée par Helmholtz, et dans laquelle la mesure du coefficient de self-induction se ramène à celle d'une quantité d'électricité et d'un temps, peut donner des résultats concordant à 1 % près. Nous ne citons que pour mémoire les études si intéressantes de M. Ledeboer sur le self-potentiel des bobines munies d'un noyau de fer doux, car nous n'avons ici en vue que la mesure de cette quantité pour les bobines dépourvues de tout métal magnétique.

Les méthodes indiquées ci-dessus exigent toutes que la force électromotrice employée soit constante pendant tout le temps des mesures. Celle dont nous allons rendre compte brièvement est, par contre, indépendante de cette restriction, car la détermination du coefficient de self-induction se réduit à la mesure de deux déviations d'un électrodynamomètre.

(1) *Eine Methode zur experimentellen Bestimmung des Selbst-Potentials einer Spirale. Thèse.* Zurich *1886.*

Cette méthode, donnée par M. H. F. Weber, professeur à l'école polytechnique de Zurich, a été étudiée expérimentalement par M. Wyss.

Deux spirales B_1, B_2 dont les coefficients de self-induction sont L_1 et L_2, sont placées en regard l'une de l'autre, l'une B_1 dans le circuit primaire, l'autre B_2 dans le circuit secondaire. Le circuit primaire renferme une machine produisant une force électromotrice alternative E; son self-potentiel, en dehors de celui de la spirale B_1, est l_1; le potentiel électrodynamique ou coefficient d'induction mutuelle des deux spirales est M.

Le self-potentiel de la bobine fixe S_1 de l'électrodynamomètre est λ; celui de la bobine mobile S_2 est égale à λ_2; on intercale les deux bobines de l'électrodynamomètre dans le circuit secondaire et on observe une déviation u_{22} de la bobine mobile; ensuite, on fait circuler le courant i_1 dans la bobine fixe et i_2 dans la bobine mobile et l'on note la déviation u_{12} de l'électrodynamomètre. Afin que les deux circuits restent absolument identiques, pendant ces deux mesures, on fait usage d'une bobine auxiliaire qui a le même self-potentiel et la même résistance que la spirale fixe de l'électrodynamomètre; on introduit cette bobine dans le circuit primaire pour faire la mesure de u_{22}, et dans le circuit secondaire pour la détermination de u_{12}.

A l'aide de calculs très longs, M. Wyss démontre que dans ces conditions, les quantités L_2, λ_1, λ_2 et M sont liées entre elles par la relation simple :

$$L_2 = \frac{u_{12}}{u_{22}} M + \lambda_1 + \lambda_2$$

On détermine donc le coefficient de self-induction en fonction de celui de l'électrodynamomètre et du coefficient d'induction mutuelle M des deux bobines. Si le self-potentiel de l'électrodynamomètre ne peut pas être calculé facilement, on l'élimine à l'aide d'une seconde mesure dans laquelle on intervertit les bobines B_1 et B_2, en ayant soin de ne pas changer leur position respective. On a alors :

$$L_1 = \frac{u'_{12}}{u'_{22}} M + \lambda_1 + \lambda_2$$

De ces deux équations il résulte immédiatement :

$$L_2 = L_1 + M \left[\frac{u_{12}}{u_{22}} - \frac{u'_{12}}{u'_{22}}\right]$$

M. Wyss, dans l'étude expérimentale qu'il a faite, a employé un électrodynamomètre particulier. La bobine fixe composée de 10 spires parallèles avait un rayon de 7,4 c. m., et une longueur de 1,4 c. m.; la bobine mobile avait le même nombre de spires et un rayon de 7,7 c. m.; ses extrémités recourbées verticalement, plongeaient dans deux godets de mesure servant à amener le courant. Cette disposition a donné de bons résultats en changeant fréquemment le mercure des godets à cause des impuretés inévitables.

La force électromotrice variable du circui inducteur était celle d'une machine à courants alternatifs de Cuénod et de Meuron.

L'auteur a mesuré le coefficient de self-induction d'une spirale S_2 composée de 2 couches de 29 spires chacune.

La spirale auxiliaire S_1 de mêmes dimensions possédait 12 couches de 28 spires chacune; ces 12 couches étaient partagées en deux groupes de 6, qu'on pouvait combiner à volonté.

Qnatre séries de mesures ont été faites. Dans la première, la spirale B_1 n'avait que les 6 couches inférieures dans le circuit; la distance *a* des centres des deux spirales B_1, B_2 était 5,93 c. m.; la deuxième série a été faite avec la même distance *a*, avec les 12 couches de B_1; la troisième avec la bobine B_1 complète, mais avec une distance *a* de 13,50 c. m.; enfin, dans la quatrième série on avait enlevé la couche supérieure des spires de la bobine B_2 et utilisé les 6 couches inférieures de B_1, *a* étant égal à 5,93 c. m.

On a calculé directement les valeurs du coefficient de self-induction L_2, celles du coefficient d'induction mutuelle M, et les valeurs des coefficients λ_1 et λ_2. Le tableau suivant donne les valeurs obtenues dans ces quatre cas, avec l'erreur probable de la moyenne des 15 mesures faites dans chaque série.

Série	M	$\frac{u_{12}}{u_2}$	$L_2 + \lambda_1 + \lambda_2 M \frac{u_{12}}{u_2}$	$L_2 + \lambda_1 + \lambda_2$ calculé
1	$28830,8 \times 10^2$	$0,8081 \pm 0,0019$	$(23298,2 \pm 54,8)\ 10^2$	$23329,1 \times 10^2$
2	$58729,9 \times 10^2$	$0,3977 \pm 0,0007$	$(23356,9 \pm 42,8)\ 10^2$	$23329,1 \times 10^2$
3	$26775,1 \times 10^2$	$0,8676 \pm 0,0025$	$(23230,1 \pm 66,9)\ 10^2$	$23329,1 \times 10^2$
4	$14361,9 \times 10^2$	$0,4397 \pm 0,0013$	$(6315,0 \pm 28,7)\ 10^2$	$6241,3 \times 10^2$

La différence entre la valeur observée et celle donnée par le calcul n'atteint pas 1/2 o/o dans les trois premières séries, tandis qu'elle dépasse 1 o/o dans la quatrième.

La cause de cette anomalie réside dans les erreurs inévitables qui se commettent dans la mesure des dimensions des bobines et qui ont une influence d'autant plus grande que les valeurs de M et de L_1 sont plus petites.

Comme dernier contrôle, l'auteur a mesuré la valeur de L_2 dans le premier cas, en faisant deux mesures successives; de façon à éliminer $\lambda_1 + \lambda_2$; il a trouvé ainsi $L_2 = 22721,5 \times 10^2$ tandis que la valeur calculée est $22755,3 \times 10^2$; la concordance est donc parfaite à 2 o/oo près.

Dr A. P.

Sur une forme simple et commode de la pile à eau, par Henry A. Rowland (1).

M. Rowland a construit pour son laboratoire un modèle de pile à eau très simple et qui peut certainement rendre des services dans un grand nombre de cas.

On soude par leur bord deux bandes de zinc et de cuivre laminés, larges de 6 centimètres chacune, et on découpe dans cette bande bimétallique des lames de 7 à 8 millimètres de large, formées ainsi moitié de cuivre, moitié de zinc; ces lames sont ensuite recourbées en U.

On les place ensuite verticalement sur une plaque de verre, recouverte d'une couche de gomme laque de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, la partie soudée en bas et les branches de l'U en haut, de manière que la branche de zinc soit à

(1) *American Journal of Science*, 1887, vol. XXIII, p. 147.

1 ou 2 millimètre du cuivre de la lame suivante.

On peut ainsi placer 30 éléments dans une série de 30 centimètres de longueur et, par conséquent, en réunir 800 à 900 sur une surface de 30 centimètres de côté.

La plaque de verre est ensuite chauffée légèrement et les éléments de la pile sont fixés en coulant un mélange de cire et de résine qui forme une couche de 2 centimètres d'épaisseur. La plaque étant ensuite fixée dans un cadre en bois, la pile est prête à fonctionner.

Lorsqu'on veut employer cette pile, on en plonge la partie métallique dans l'eau et on l'en retire immédiatement.

L'espace compris entre deux lames successives étant de 1 à 2 millimètres, il reste toujours entre elles une goutte d'eau qui dure une heure au moins avant de s'évaporer. La batterie est ainsi prête à fonctionner au bout d'une minute et son isolement est parfait.

Dr A. P.

Recherches expérimentales sur la lumière polarisée réfléchie par la surface équatoriale d'un aimant, par M. A. Righi (1).

CHAPITRE III

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES

6. *Mesures de* ω_1, ω_2, ω'_1, ω'_2. — Dans la table suivante, je donne la valeur obtenue pour ces angles dans une série d'expériences, pendant lesquelles l'incidence a été variée depuis 11 jusqu'à 85 degrés.

En observant cette table, dans laquelle le signe + indique une rotation dans le sens du courant, suivant les conventions admises, on voit d'abord que les signes des rotations sont précisément ceux qui furent trouvés par M. Kerr.

Mes expériences s'accordent donc avec celles de M. Kerr, quant aux signes des rotations, et aussi avec celles de M. Kundt, quant à l'allure générale des valeurs des angles ω_1, ω'_1.

On voit de plus qu'on a sensiblement

$$\omega_1 = -\omega'_2 \qquad \omega_2 = -\omega'_1$$

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 19 février 1887.

c'est-à-dire que les rotations de l'analyseur, lorsque les vibrations incidentes sont ou dans le plan d'incidence ou perpendiculaires à ce plan, sont égales respectivement et de signes contraires à celles du polariseur, lorsque les vibrations incidentes sont ou perpendiculaires ou parallèles au plan d'incidence.

	Vibrations incidentes			
	horizontales		verticales	
	$2\omega_1$	$2\omega_2$	$2\omega'_1$	$2\omega'_2$
Angle d'incidence	Double rotation de l'analyseur	Double rotation du polariseur	Double rotation de l'analyseur	Double rotation du polariseur
11°	+ 2,3	+2,7	—2,5	— 2,5
20.....	+ 4	+5	—5	— 4
30.....	+ 6,7	+7	—6,6	— 6,6
35.....	+ 7,6	+7		
40.....	+ 8	+7	—6,7	— 7,9
45.....	+ 9	+8		
50.....	+10	+8,3	—9	—10
55.....	+10,5	+9		
60.....	+11	+9	—9	—11
65.....	+ 8,7	+8		
70.....	+ 6,5	+8	—7,9	— 6,7
75	+ 4,5	+7		
78.54'..	0	+6,3	—6,7	0
80.....	— 1	+6		
85	— 3	+3	—3	+ 3

Ici donc encore subsiste cette *loi de réciprocite* que j'ai démontrée théoriquement et par l'expérience dans le cas de la réflexion sur le pôle; seulement on a, dans le cas actuel, inversion des signes.

Le changement de signes de ω_1 (et par conséquent de ω'_2) a lieu à une incidence (78° 54') sensiblement plus grande que l'incidence principale (75 ou 76 degrés) du fer non aimanté. Cette valeur 78° 54' a été déterminée avec les plus grands soins. Suivant Kerr, l'inversion aurait lieu à 75 degrés et, suivant Kundt, entre 80 et 82 degrés. Mais il est probable que la valeur de l'incidence qui donne $\omega_1 = 0$ dépend de l'intensité du champ magnétique.

La lumière qui reste dans le champ de l'analyseur après qu'on a tourné ou l'analyseur ou le polariseur jusqu'à la rendre minimum est, particulièrement aux incidences moyennes, sensiblement plus intense que lorsqu'on obtient la soi-disant extinction avec le miroir non aimanté. Cela dépend de ce que la lumière réfléchie est

généralement elliptique, le phénomène produit par l'aimantation n'étant pas simplement une rotation des vibrations. La rotation ω_1 ou ω'_1 de l'analyseur fera connaître seulement l'orientation des axes de l'ellipse.

A ce qu'il paraît, l'ellipticité est plus prononcée lorsque les vibrations incidentes sont horizontales que lorsqu'elles sont verticales; ou encore, j'ai cru constater que la compensation de l'effet magnétique que l'on peut obtenir en tournant l'analyseur est moins parfaite dans le premier cas que dans le second. C'est précisément le contraire de ce qui a lieu lors de la réflexion sur le pôle.

A l'incidence de 78° 54′, qu'on peut appeler *incidence principale* pour le fer aimanté parallèlement à sa surface, la rotation de l'analyseur est zéro, si les vibrations incidentes sont horizontales (ou dans le plan d'incidence). Toutefois, au moment où l'on ferme le circuit, on voit une augmentation d'intensité lumineuse dans le champ de la lunette. Cela indique que le rayon réfléchi est elliptique, mais que le grand axe de l'ellipse reste dans le plan d'incidence. Il y a donc ici ellipticité et non rotation, pendant qu'aux autres incidences on a généralement l'un et l'autre effet.

Les valeurs des angles ω_1, ω_2, ω'_1, ω'_2 augmentent d'abord, lorsque l'incidence croît, jusqu'à un maximum, puis ils diminuent, le premier et le dernier, pour changer de signe et atteindre un autre maximum avant de s'annuler à 90 degrés, le deuxième et le troisième pour arriver à la valeur zéro seulement à l'incidence rasante. Suivant M. Kerr, les quatre rotations auraient toutes un maximum pour l'incidence de 60 degrés. Mais, suivant mes expériences, le maximum de ω_1 aurait lieu à une incidence moindre que 60 degrés, et celui de ω_2 à une incidence plus grande que 60 degrés, qui, probablement, n'est autre que l'*incidence singulière*, dont nous nous occuperons plus bas.

7. *Comparaison entre ces résultats et ceux qu'on obtient avec un verre qui réfléchit par sa deuxième surface.* — C'est le moment d'examiner de près jusqu'à quel point une analogie existe, entre les phénomènes étudiés ici et ceux qu'on obtient en remplaçant le fer par une lame de verre à faces parallèles, dans laquelle la lumière entre par la première face, se réfléchit intérieurement sur la deuxième et sort par la première.

Comparons les signes de rotations des deux nicols, à l'aide des tableaux A et B. Le tableau A donne les signes des rotations, telles qu'on les déduit des expériences précédentes, et le tableau B les signes des rotations dans le cas du verre. Ce tableau B est tiré d'un autre Mémoire [1] que j'ai cité plus haut.

	Rotation de l'analyseur	Rotation du polariseur
A		
Vibrations incidentes dans le plan d'incidence	+ pour les petites incidences. — pour les grandes incidences.	+ pour toutes les incidences.
Vibrations incidentes perpendiculaires au plan d'incidence	— pour toutes les incidences.	— pour les petites incidences. + pour les grandes incidences.
B		
Vibrations incidentes dans le plan d'incidence	— pour les petites incidences. + pour les grandes incidences.	— pour toutes les incidences.
Vibrations incidentes perpendiculaires au plan d'incidence	+ pour toutes les incidences.	+ pour les petites incidences. — pour les grandes incidences.

En comparant ces deux tableaux, on voit que les signes de l'un sont tous contraires à ceux de l'autre, bien que le fer, comme le verre, fasse tourner dans le sens du courant les vibrations transmises.

Cette opposition des signes a été relevée déjà par M. Kundt, pour ce qui regarde les rotations de l'analyseur; mais, malgré cette opposition, il incline à vouloir expliquer les phénomènes de M. Kerr par leur analogie avec ceux que produit la lame de verre.

Mais il y a encore une observation à faire. Dans le cas de la réflexion sur la surface équatoriale du fer aimanté, les rotations ω_1, ω_2 croissent d'abord avec l'incidence, atteignent un maximum, puis décroissent jusqu'à zéro, valeur qu'elles ont à l'incidence *principale*, pour changer de signe aux incidences comprises entre 78° 54′ et 90 degrés.

[1] *Studi sulla polarizzazione rotatoria magnetica.*

Au contraire, dans le cas du verre, les rotations croissent jusqu'à l'incidence de polarisation, pour laquelle elles atteignent la valeur de 90 degrés, après quoi elles changent de signe et décroissent jusqu'à zéro. Or, il semble naturel de considérer ces rotations de signe contraire et de grandeur décroissante, comme des rotations de même signe que celles qui ont lieu aux incidences comprises entre zéro et l'incidence de polarisation, et plus grandes que le quart de la circonférence. En effet, deux orientations de l'analyseur qui diffèrent de 180 degrés n'en font réellement qu'une.

Si les rotations données par la lame de verre sont considérées à ce point de vue, le tableau B devient tout à fait différent du tableau A.

Il sera très utile de faire ici une semblable comparaison entre les phénomènes produits par le fer et par le verre qui réfléchisse par la deuxième surface, lorsque l'un et l'autre sont placés normalement aux lignes de force.

Le tableau C est fait d'après les résultats expérimentaux exposés dans les deux Mémoires cités au début de celui-ci et donne les signes des rotations de l'analyseur et et du polariseur, dans le cas de la réflexion sur le pôle d'un aimant. Le tableau D est tiré du Mémoire cité à propos du tableau B, et donne les signes des rotations dans le cas d'une lame de verre placée sur le pôle, et qui réfléchit intérieurement la lumière à sa deuxième surface.

	Rotation de l'analyseur	Rotation du polariseur
C		
Vibrations incidentes dans le plan d'incidence	— pour toutes les incidences.	— pour toutes les incidences.
Vibrations incidentes perpendiculaires au plan d'incidence	— pour toutes les incidences.	— pour toutes les incidences.
D		
Vibrations incidentes dans le plan d'incidence	+ pour les petites incidences. — pour les grandes incidences.	— pour toutes les incidences.
Vibrations incidentes perpendiculaires au plan d'incidence	+ pour toutes le incidences.	+ pour les petites incidences. — pour les grandes incidences.

Dans ce cas, il n'y a donc aucune analogie de signes entre les deux tableaux, car avec la surface réfléchissante en fer les rotations ne changent jamais de signe.

M. Kundt, peut-être guidé par l'analogie entrevue, a cru observer une inversion dans le sens de rotation de l'analyseur, lors de la réflexion sur le pôle ; mais, après nombre d'expériences très soignées, j'ai dû me persuader que cette inversion n'existe pas.

Il est juste de remarquer ici, comme dans le cas des tableaux A et B, que les rotations négatives du tableau D, qui ont lieu lorsque l'incidence est comprise entre celle de polarisation et celle de 90 degrés, peuvent être considérées comme des rotations positives plus grandes que 90 degrés, car ces rotations ont pour l'incidence principale, non pas la valeur zéro, mais la valeur 90 degrés. En considérant les choses de cette manière, le tableau D ne diffère plus du tableau C qu'en ce qu'il a les signes opposés ; mais on a vu qu'alors B devient tout à fait différent de A.

Donc, de quelque manière que l'on considère les rotations que donne la lame de verre pour les incidences proches de 90 degrés, il y a toujours désaccord complet entre les phénomènes qu'elle produit et ceux que donne le fer, ou dans le cas des faces normales aux lignes de force, ou dans le cas des faces parallèles aux mêmes lignes.

L'analogie sur laquelle M. Kundt insiste dans son beau travail, bien que séduisante, doit être abandonnée, et les phénomènes de Kerr, pour le cas de la réflexion sur le pôle, ne peuvent s'expliquer qu'avec la théorie que j'ai développée dans les deux Mémoires sur ce sujet, pendant que, pour le cas de la réflexion sur la surface équatoriale, on ne sait établir de théorie analogue, pour les raisons alléguées à la fin du premier desdits deux Mémoires.

8. *Mesures de* α_0, α, β_0, β. — Passons maintenant aux rotations que l'on obtient en tournant alternativement l'analyseur et le polariseur au minimum, jusqu'à atteindre l'intensité la plus petite possible (intensité qui serait zéro si l'on pouvait éviter complètement toute lumière diffuse et si les nicols n'avaient presque toujours quelque imperfection), soit lorsque les vibrations incidentes sont initialement horizontales (α_0, α), soit lorsqu'elles sont initialement verticales β_0, β).

Dans les deux cas, l'analyseur est supposé initialement à l'extinction, c'est-à-dire avec sa sec-

tion principale verticale, si les vibrations incidentes sont horizontales et au contraire.

Comme dans le cas de la réflexion sur le pôle d'un aimant, α_0 est l'angle que les vibrations incidentes doivent faire avec le plan d'incidence, pour que le rayon réfléchi soit à vibrations rectilignes, et α est l'angle que ces vibrations font avec le même plan. De même, β_0 est l'angle que les vibrations incidentes doivent former avec la perpendiculaire au plan d'incidence, pour que les vibrations réfléchies soient rectilignes, et β est l'angle que ces nouvelles vibrations rectilignes font avec ladite perpendiculaire.

En intervertissant le courant, le déplacement final des deux nicols change de signe, et la différence des lectures donne alors le double des angles α_0, α,.... Dans le tableau suivant, je rapporte une série de mesures de ces angles. Le signe + indique toujours un déplacement dans le sens du courant.

Angle d'incidence	$2\alpha_0$	2α	$2\beta_0$	2β
45.....	+11',5	—5'	+5'	—11',5
50.....	+13	—6	+6	—13
60.....	+ 8,7	—1,3	+2	— 9
65.....	+ 9	—0,5	0	8,5
78.54'.....	+ 6,5	+4,5	—5	— 6,5
82.....	+ 5,5	+4	—4,5	— 5,5

On voit d'abord qu'on a sensiblement

$$\alpha_0 = -\beta \qquad \alpha = -\beta_0$$

c'est-à-dire que la *loi de réciprocité avec inversion de signe* est vérifiée [1].

On voit de plus que α_0 et β ont toujours un même signe chacun, pendant que α et β_0 changent de signe pour l'incidence de 65 degrés environ. Nous appellerons encore cette incidence : *incidence singulière*.

Dans le cas de la réflexion sur le pôle, c'est le contraire qui a lieu, car ce sont α_0 et β qui changent de signe.

On voit de plus que $\alpha_0 > \alpha$ en valeur absolue, pendant que dans la réflexion sur le pôle on a $\alpha_0 < \alpha$.

(1) Il est vraisemblable que, sauf le changement de signe, la loi de réciprocité subsiste de la manière la plus générale, suivant l'énoncé donné dans le n° 4 du deuxième des Mémoires cités au début de cet écrit.

Comme les quatre angles α_0, α, β_0, β ont généralement des valeurs différentes de zéro, lorsque l'on place le polariseur de manière que $\alpha_0 = 0$ ou $\beta_0 = 0$, c'est-à-dire lorsque les vibrations sont dirigées dans un des deux azimuts principaux, les vibrations réfléchies ne sont pas rectilignes, mais elliptiques.

Pour qu'elles deviennent rectilignes, il faut tourner le polariseur de α_0 à partir de la position dans laquelle il donne des vibrations dans le plan d'incidence, ou de β_0 à partir de celle dans laquelle il prodnit des vibrations perpendiculaires au même plan.

Les propriétés de l'incidence singulière résultent de la circonstance que α et β_0 sont nuls à cette incidence. En effet, lorsque $\beta_0 = 0$ à l'incidence singulière, les vibrations incidentes sont perpendiculaires au plan d'incidence et les vibrations réfléchies sont rectilignes. Donc, à cette incidence, si les vibrations sur le rayon incident sont perpendiculaires au plan d'incidence, le phénomène est simplifié et c'est une simple rotation des vibrations, en sens contraire du courant.

On peut exprimer la même propriété en disant que, dans ces circonstances, une rotation de l'analyseur en sens contraire du courant peut compenser complètement l'action de l'aimantation.

D'une manière analogue, comme $\alpha = 0$ pour l'incidence singulière, on peut dire qu'à cette incidence privilégiée il est possible de compenser complètement l'action du champ magnétique, par une rotation du polariseur dans le sens du courant.

L'incidence singulière a donc ici des propriétés opposées à celles de l'incidence à laquelle j'ai donné la même dénomination dans le cas de la réflexion sur le pôle de l'aimant. Alors la compensation complète était possible en tournant l'analyseur lorsque les vibrations incidentes étaient dans le plan d'incidence, et avec le polariseur, lorsque les vibrations incidentes étaient initialement perpendiculaires à ce plan.

La table des valeurs de α_0, α, β_0, β complète donc la connaissance des phénomènes dont nous nous occupons, en montrant quelles sont les conditions pour que la lumière réfléchie ait ses vibrations rectilignes plutôt qu'elliptiques.

9. *Influence de la longueur d'onde de la lumière employée.* — J'ai fait quelques expériences pour voir comment variaient les rotations, en changeant la couleur de la lumière incidente.

Voici quelques résultats obtenus à l'incidence de 60 degrés.

Lumière employée	Rotation $2\omega_1$ de l'analyseur, les vibrations incidentes étant horizontales
Violet moyen du spectre	5′
Bleu —	7
Vert —	8,5
Jaune —	10
Rouge —	10,5

De ces mesures et d'autres analogues on déduit que les rotations diminuent lorsque la longueur d'onde de la lumière employée devient plus petite.

On a donc, pour la réflexion sur la surface équatoriale de l'aimant, une dispersion anormale, comme dans la réflexion sur le pôle, et dans la rotation produite sur le rayon transmis par des lames minces de fer placées dans le champ magnétique.

10. *Conclusions.* — On peut résumer comme suit les principaux résultats obtenus :

1° Les rotations du polariseur on de l'analyseur qui rendent minimum la lumière apparue lors de la fermeture du courant ont exactement les signes donnés par M. Kerr.

2° Il existe une *loi de réciprocité*, mais avec changement de signe ; pour le cas des rotations d'un des nicols, on peut l'énoncer ainsi :

La rotation de l'analyseur ou celle du polariseur qui réduit au minimum la lumière lorsque les vibrations incidentes sont initialement dans le plan d'incidence et que l'analyseur est initialement à l'extinction, est égale respectivement et de signe contraire à celle du polariseur ou de l'analyseur, en partant des deux autres orientations principales des nicols.

3° La rotation de l'analyseur, lorsque les vibrations incidentes sont dirigées dans le plan d'incidence (et, en vertu de la loi précédente, celle du polariseur, lorsque les vibrations incidentes sont initialement perpendiculaires au même plan), devient nulle pour une incidence de presque 79 degrés, puis change de signe.

4° Elle passe par un maximum pour une valeur de l'incidence qui paraît moindre que la valeur 60 degrés donnée par Kerr, et par un autre maximum de signe contraire entre 79 et 90 degrés.

5° La rotation de l'analyseur, lorsque les vibrations incidentes sont perpendiculaires au plan d'incidence (et, en vertu de la loi de réciprocité, celle du polariseur dans le cas de vibrations incidentes initialement placées dans le plan d'incidence), a une valeur maximum pour une incidence plus grande que 60 degrés (probablement l'incidence singulière), puis elle décroît jusqu'à zéro, lorsque l'incidence croît jusqu'à 90 degrés, sans changer de signe.

6° La lumière réfléchie est généralement elliptique, et les axes de l'ellipse sont généralement inclinés sur le plan d'incidence. Mais si l'incidence est environ 79 degrés (incidence principale pour le fer aimanté parallèlement à sa surface), et si les vibrations incidentes sont dirigées suivant le plan d'incidence, le grand axe de l'ellipse est aussi compris dans ce plan.

7° Si l'incidence est 65 degrés environ (incidence singulière) et si les vibrations incidentes sont perpendiculaires au plan d'incidence, les vibrations réfléchies sont rectilignes. Par conséquent, on peut compenser complètement l'action du magnétisme, en tournant l'analyseur en sens contraire du courant.

8° A la même incidence, si les vibrations qui tombent sur le fer sont dirigées suivant le plan d'incidence, et que l'analyseur est initialement à l'extinction, on peut compenser complètement l'action de l'aimantation en tournant le polariseur dans le sens du courant.

9° En comparant ces phénomènes à ceux qui ont lieu lors de la réflexion sur le pôle de l'aimant, on trouve que, pendant que dans ce cas on avait

$$\omega_1 = \omega'_2 \quad \omega_2 = \omega_1 \quad \alpha_0 = \beta \quad \alpha = \beta_0 \quad \alpha > \alpha_0$$

dans le cas actuel, on a

$$\omega_1 = -\omega'_2 \quad \omega_2 = -\omega'_1 \quad \alpha_0 = -\beta \quad \alpha = -\beta_0 \quad \alpha < \alpha_0$$

La loi de réciprocité subsiste donc, même pour les rotations α_0, α, β_0, β, mais avec changement de signe [1].

10° En comparant les signes des rotations du polariseur ou de l'analyseur, avec lesquelles on réduit au minimum la lumière qui apparaît en fermant le courant, avec les rotations analogues

[1] Voir l'expression plus générale de la loi de réciprocité, dans l'Appendice au Mémoire : *Studi sulla polarizzazione rotatoria magnetica* [Études sur la polarisation rotatoire magnétique] (*Memorie della R. Accademia di Bologna*, 1886-87).

que l'on trouve en remplaçant le fer par une lame de verre à faces parallèles, qui réfléchisse la lumière à sa deuxième surface, on trouve une opposition complète de signes.

En faisant une comparaison semblable entre les phénomènes donnés par le fer et la lame de verre, lorsque la surface réfléchissante est normale aux lignes de force, on ne trouve plus la moindre analogie.

11° Comme dans le cas de la lame de verre, lorsque, en augmentant graduellement l'angle d'incidence, la rotation change de signe, ce changement a lieu en passant par la valeur 90 degrés (et non par la valeur zéro, comme dans le cas du fer), il semble naturel de considérer les rotations qu'on trouve aux grandes incidences comme ayant le même signe qu'aux petites incidences, mais des valeurs supérieures à 90 degrés. Si l'on considère les rotations de cette manière, c'est dans le cas des faces réfléchissantes parallèles aux lignes de force, que le désaccord entre les phénomènes produits par le verre et ceux produits par le fer a lieu.

Par conséquent, on ne peut en tout cas prendre les phénomènes que produit la lame de verre comme point de départ d'une explication de ceux que produit le fer, dans le champ magnétique.

12° Dans la réflexion sur la surface équatoriale du fer aimanté, il y a dispersion anomale, c'est-à-dire les effets décroissent en augmentant la réfrangibilité de la lumière employée, précisément comme dans tous les autres cas où le fer aimanté agit sur les vibrations lumineuses.

Galvanomètre apériodique de Edelmann (1)

L'instrument dont nous voulons parler ici ne présente rien de nouveau quant au dispositif galvanométrique; il est basé, en effet, sur l'action d'une bobine, sur un aimant mobile à l'intérieur d'un amortisseur (*Daempfer*) en cuivre; il semble, par contre, très commode, par la disposition particulière des organes de visée, la lunette et l'échelle.

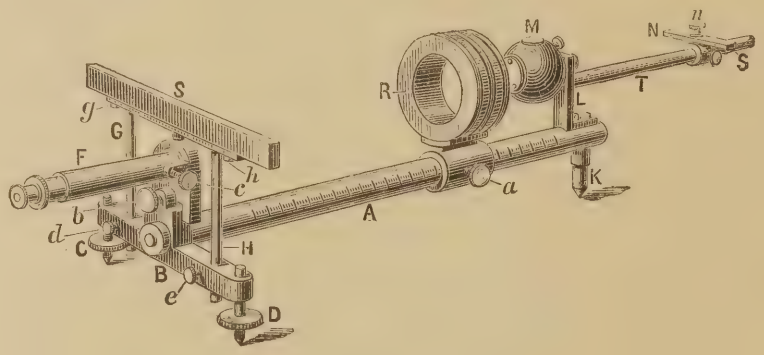


Fig. 1

Comme on le voit en effet (fig. 1), le galvanomètre proprement dit et l'appareil optique sont réunis en un seul tout; et si l'on n'a plus ainsi la possibilité d'augmenter la sensibilité en éloignant la lunette, on a, par contre, l'avantage d'avoir une distance invariable.

L'appareil ainsi construit devient presque aussi maniable qu'un indicateur à aiguille, avec l'avantage d'une plus grande exactitude des lectures et de la proportionnalité des déviations aux courants.

La bobine du galvanomètre, R, porte deux enroulements, l'un en fil fin, l'autre en gros fil; elle se déplace sur la tige en laiton A, munie d'une division, et la vis *a* permet de fixer sa position.

Sur cette tige A est fixée antérieurement la traverse B, avec deux vis calantes, et qui porte la lunette et l'échelle.

Les vis *b* et *c* permettent d'ajuster exactement la position de la lunette.

On peut également fixer à volonté la hauteur de l'échelle S, tandis que les vis *g* et *h* permettent un déplacement latéral.

A l'extrémité postérieure de la tige est fixé le magnétomètre, représenté en détail figure 2; il consiste en un aimant en cloche M, sur lequel est collé un miroir plan *p*; l'aimant est suspendu à l'intérieur de l'amortisseur par un fil de cocon, que l'on règle au moyen de la vis W.

Enfin, l'appareil comporte un aimant directeur NS pour l'astatisation.

La position de cet aimant peut être variée au besoin, en le déplaçant le long de la tige graduée T.

(1) D'après un communiqué à la *Centralblatt für Elektrotechnik*, 1887, n° 4, p. 97.

Ce galvanomètre se prête à toutes les mesures de laboratoire; en particulier, il est employé dans

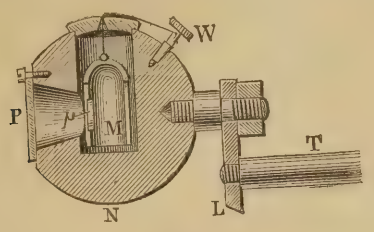


Fig. 2

la maison Edelmann pour le tarage des voltmètres. E. M.

La tension des lignes de force, par R. H. M. Bosanquet (1).

On sait que Maxwell a démontré que si un certain flux de force magnétique passe d'un corps à un autre, ces deux corps sont soumis à une force mécanique, qui s'exprime d'une manière très simple, en fonction du flux; on a fait de nombreuses recherches expérimentales pour vérifier cette loi.

M. Bosanquet a cherché à son tour à montrer qu'elle ne s'appliquait pas pour de faibles valeurs du flux.

Dans ses expériences, l'auteur mesure directement la force d'attraction et le flux d'induction; pour cela il emploie deux électro-aimants, dont les noyaux avaient 20 centimètre de longueur et 0,526 c.m. de diamètre; chaque bobine se composait de 1096 tours de fils.

L'un des électro-aimants était fixe, l'autre porté par un fléau articulé qui permettait de l'équilibrer, l'attraction était mesurée directement.

Les deux noyaux sont amenés au contact et des poids ajoutés jusqu'à ce que l'équilibre soit rompu.

L'induction se mesure au moyen d'une petite bobine auxiliaire entourant les extrémités des noyaux, et en renversant le courant d'excitation.

De ces expériences, il ressort que la formule:

$$\frac{S\ B^2}{981.8\,\pi} = W_1 \text{ (en grammes)}$$

ou S est la surface de contact et B l'induction, représente bien les faits, en général, mais non pour des valeurs très petites de l'induction; dans ce cas, la force réelle peut atteindre plusieurs fois la valeur assignée par la formule.

Le désaccord ne peut provenir du magnétisme rémanent, la force s'annulant à l'interruption du courant.

On peut représenter les expériences par une formule binôme en B et B^2.

L'auteur a également considéré le cas ou les noyaux ne se touchent pas, mais sont séparés par un faible intervalle (carte à jouer, planchette de bois).

Dans ce cas, le coefficient $\frac{1}{8\pi g}$ de la formule précédente devrait être diminué de moitié pour que la formule corresponde à l'expérience.

Enfin, pour des distances d'environ 2 millimètres, il faudrait de nouveau faire usage d'une formule binôme.

Il serait peut-être bon de reprendre ces expériences et de les soumettre à un examen critique.

E. M.

(1) Voir *Philosophical Magazine*, n° 139, vol. 22, décembre 1886, p. 535.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

Sur l'action thérapeutique des courants de haute tension. — M. le professeur Eulenburg a publié dans la nouvelle revue médicale, *Therapeutische Monatshefte*, quelques détails sur les résultats thérapeutiques qu'il a obtenus avec des courants de haute tension d'électricité statique.

Dans les expériences que le professeur Eulenburg vient de faire, il a employé l'électricité statique, soit sous la forme du bain d'air électrostatique, soit les courants locaux de haute tension.

Les appareils employés consistaient en une grande machine d'influence de Voss (de 52 centimètre de diamètre des disques mobiles) commandée par un petit moteur à gaz, d'à peu près $\frac{1}{25}$ cheval, construit spécialement pour cet objet. Ce moteur était simplement relié avec la conduite à gaz, et permettait une régulation facile.

La vitesse de rotation du disque mobile était en moyenne de 4 à 6 tours par seconde.

Le professeur emploie, en outre, un tabouret isolateur et une cloche pour le bain d'air électrostatique; uu second appareil, l'appareil d'ozonisation, et un dispositif pour les influences localisées, consistant en des réophores en forme de boule et en forme de peigne ; et, en outre, des électrodes de condensation telles que celles indiquées par le Dr Stein, et des électrodes pour la mesure des étincelles, d'après Schvanda..

Le professeur Eulenburg indique comme suit le résultat de ses observations, déduites de 27 cas différents :

La *Franklinisation* générale sous la forme du bain d'air électrostatique (avec la cloche et quelquefois aussi l'appareil à pointes) donne des résultats très nets dans les cas d'insomnies nerveuses, de pressions cérébrales, et dans certaines forme de névrose de la tête.

En remarquant que l'effet thérapeutique se borne exclusivement à certaines maladies nerveuses de la tête, et d'après plusieurs phénomènes accessoires, on est porté à croire que, dans la méthode en question, il ne s'agit guère d'une nfluence générale, mais plutôt d'une influence localisée de l'électricité de haute tension, sous l'action du flux continu de l'électricité passant de la surface de la tête à la cloche, dans l'un et l'autre sens.

La *Franklinisation*, dans un sens plus restreint sous forme d'une application locale des courants, à une tension plus ou moins forte, sous forme

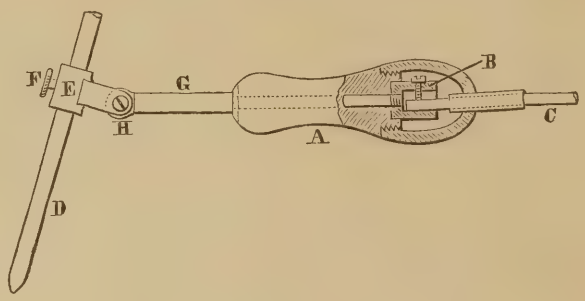


Fig. 1

d'aigrettes, d'effluves électriques, ou d'étincelles, peut être utile dans les anesthésies cutanées ; elle produit une irritation locale et une impression de chaleur sur les parties de la peau qui y sont sou-

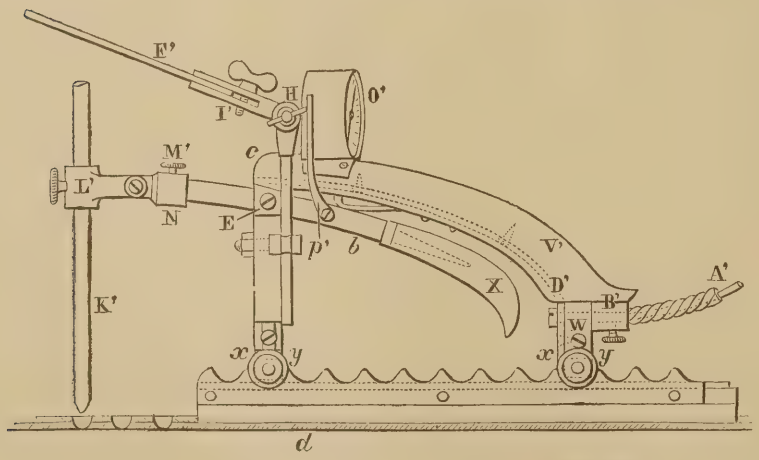
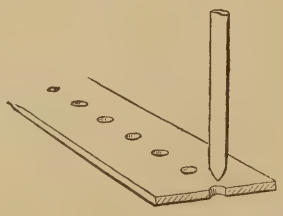


Fig. 2



mises, et, par un effet secondaire, une restauration de la sensibilité.

Là où il s'agit de produire une irritation très forte, la franklinisation est indiquée, elle sera même préférable au toucher faradique ou galvanique.

Dans des cas où il y a perturbation de la motilité musculaire, on n'a pu constater aucun avantage de la méthode en question, relativement à la faradisation ou à la galvanisation.

La résistance électrique de la peau est considérablement amoindrie par l'action des courants d'étincelles intenses et continues.

Travail des métaux a l'aide du courant électrique. — MM. R. de Benardos et Olszewsky, ont pris un brevet allemand pour une méthode de travail des métaux à l'aide de l'arc électrique.

La pièce de métal à travailler est reliée avec l'un des pôles d'une source intense d'électricité, pendant que l'outil avec lequel on travaille, une tige

cylindrique de charbon, terminée en pointe, est relié avec l'autre pôle.

En approchant cette électrode du métal, l'arc voltaïque se forme au point de contact.

La figure 1 représente une forme simple de dispositif. A est une poignée en bois, dans le creux de laquelle se trouve à l'une des extrémités, la vis de pression B, qui sert à attacher le fil conducteur C. Le charbon D est fixé dans la pièce E par la vis F. Au moyen du dispositif indiqué, on peut faire prendre au charbon une position quelconque.

La figure 2 montre un appareil complet avec tous les accessoires, monté sur un rail à crémaillière. V est un manche relié avec les deux pièces latérales en bois, W; X est le levier qui permet d'amener l'électrode de charbon à la place où l'on désire former l'arc voltaïque. Les pièces latérales W sont munies de quatre rouleaux *q*, à l'aide desquels l'appareil peut être déplacé sur les rails

Fig. 4

Z. A' est le fil conducteur (attaché à la vis de pression B'), qui est prolongé par la tige de métal D' jusqu'au levier X.

Cette tige D' sert aussi à tenir en place le levier X par la vis E qui forme son axe. F' est un abat-jour avec verre coloré, qui peut être fixé en toute position à l'aide d'une charnière, et destiné à garantir la vue de l'opérateur.

Un mouvement d'horlogerie à secondes O' fait également partie de l'appareil; il est relié avec le levier X par le levier intermédiaire P', en sorte qu'il se trouve mis en mouvement, au moment de la formation de l'arc, lorsque le levier X est rapproché du manche V'. Le mouvement inverse du levier a, au contraire, pour effet d'arrêter le mouvement, en sorte qu'on peut contrôler très exactement le temps d'action de l'arc.

Au moyen de cet appareil, on serait en état de faire, d'après les inventeurs, les opérations les plus diverses, en particulier de perforer des séries régulières de trous dans des tôles, pour la rivure. On peut également faire des trous ou découper des plaques, d'une manière quelconque (fig. 3 et 4), ou enfin souder ensemble des métaux différents, etc.

Dr H. Michaelis

Angleterre

Recherches téléphoniques. — La *Society of Telegraph Engineers and Electricians* s'est longuement occupée des récentes recherches en téléphonie du professeur Silvanus Thompson; à propos des expériences téléphoniques à grande distance entre Paris et Bruxelles.

D'après M. Preece, le *desideratum* pour ce genre de communication serait plutôt une bonne ligne que des appareils perfectionnés. Il croit, comme le professeur Thompson, que si l'on pouvait réduire considérablement la sensibilité des récepteurs téléphoniques, ceux-ci pourraient contribuer à combattre l'induction des autres fils, mais cette sensibilité ne peut être diminuée au-delà de certaines limites restreintes.

Le professeur Hughes est d'avis qu'on ne s'est pas assez occupé jusqu'ici de l'adaptation des bobines d'inductions, dans chaque cas, à la ligne où elles sont employées, et au microphone employé. Selon lui la pile et le circuit primaire de la bobine d'induction doivent évidemment être proportionnés à la résistance du transmetteur, comme le circuit secondaire de la bobine à la résistance de la ligne.

Quant au téléphone *valve*, il croit que les vibrations de la voix sont communiquées à la soupape par les parois du tube, qui, en tant que corps solide est un meilleur conducteur du son que l'air et, par conséquent, les vibrations arrivent à la boule au moyen du tube. Il prétend que si le tube était fermé sous la boule, le transmetteur n'en fonctionnerait que mieux.

Le professeur Hughes propose à l'inventeur de disposer ses 108 microphones à l'intérieur et tout autour d'une boîte dans laquelle on parlerait, plutôt que de les disposer en forme de grillage et de les actionner au moyen d'un draphragme et d'une tige de communication.

Pour éviter les sons creux de la boîte vide, on pourrait remplir celle-ci d'eau pure de manière à y noyer les microphones, ce qui ferait disparaître les sons creux, au moins en grande partie, et le vibrateur liquide influencerait tous les microphones.

Le professeur Hughes raconta qu'il avait une fois plongé un microphone dans l'eau d'un bain public.

La cabine semblait tranquille, mais le microphone communiquait à son oreille une quantité de sons de portes fermées, de l'eau coulant dans les autres chambres, de voix, etc., le tout mélangé dans un seul bruit. Il a fait également remarquer, qu'au dernier Congrès des ingénieurs hydrauliciens et gaziers, à Eisenach, on avait constaté que beaucoup d'entreprises d'eaux, en Allemagne, avaient adopté le microphone comme partie de l'outillage ordinaire de leurs inspecteurs, pour leur permettre de découvrir les pertes et d'en déterminer l'importance.

M. Hughes estime, comme le professeur Thompson, qu'il n'appartient pas aux inventeurs de porter remède aux défauts existants des lignes, mais bien de fabriquer des appareils qui pourront fonctionner sur ces lignes telles qu'elles sont. Il ne croit cependant pas, comme M. Thompson, qu'on puisse perfectionner les récepteurs en suivant les principes de la machine dynamo I. Il est nécessaire de se conformer aux applications télégraphiques connues, qui montrent que les relais télégraphiques transforment des courants faibles d'une manière bien plus effective que n'importe quelle dynamo.

La meilleure manière de perfectionner nos appareils téléphoniques, pour les appliquer à la téléphonie à grande distance, est de perfectionner les transmetteurs de façon à pouvoir employer des courants plus puissants; car on pourra alors construire des récepteurs qui échapperont aux perturbations de l'induction.

M. Augustus Stroh a rendu compte de quelques observations microscopiques. Le microphone était composé de deux charbons : l'un fixé sur une planche et l'autre reposant sur le premier. Le charbon supérieur était mobile sur un axe vertical auquel était attaché un ressort en spirale, de sorte qu'on pouvait exercer une pression au point de contact. En donnant au ressort une tension suffisante pour compléter le circuit et établir un contact microphonique, il y avait développement d'une série d'arcs pendant quelques secondes, les charbons se rapprochaient un peu, et le microphone fonctionnait alors correctement.

En premier lieu, le contact n'était établi que sur quelques points qui étaient rapidement brûlés par la chaleur du courant, jusqu'à ce que la surface de contact fût élargie et la résistance réduite. Ceci est la meilleure condition pour le fonctionnement du microphone. Si la surface de contact devenait trop grande, le courant passait sans produire assez de chaleur (c'est du moins l'opinion de M. Stroh) et le microphone ne fonctionnait plus. Le passage du courant réglait toujours la surface de contact de manière à créer la quantité de chaleur nécessaire au fonctionnement du microphone. On peut facilement démontrer cet effet en observant les contacts du microphone dans le microscope; en introduisant une goutte d'huile, on pouvait la voir agitée et même quelquefois elle émettait des vapeurs.

J. Munro

États-Unis

Nouveau tableau de communications pour l'éclairage électrique. — Il y a quelques années,

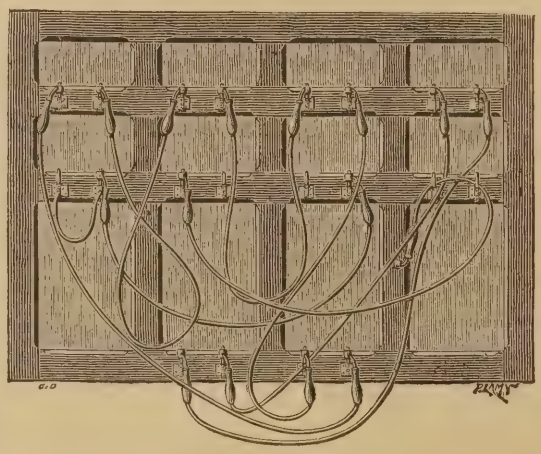


Fig. 1

lorsque chaque station d'éclairage électrique n'avait en moyenne que un ou deux circuits, il suffisait de quelques commutateurs assez primitifs pour répondre à tous les besoins. Mais aujourd'hui, avec des circuits, dont l'activité cesse à 9, 10 ou 12 heures, pour l'éclairage intermittent, de même que pour des circuits actionnant des moteurs, il est indispensable d'avoir un appareil plus pratique et fonctionnant plus rapidement, afin d'éviter les pertes de temps.

Les tableaux de communications des stations centrales, ont subi, comme tout ce qui se rattache

à l'éclairage électrique, de nombreuses modifications, et on a proposé bien des systèmes.

Le système le plus récent qui ait été imaginé est représenté sur la figure 1. Il a été construit par la *Electrical supply Company*, de Chicago.

La disposition de l'appareil est représentée en détail figure 2; elle consiste en une fiche conique A, sur laquelle vient s'emboîter, lorsqu'on veut faire une jonction, une sorte de matrice A′ pourvue d'un manche en matière isolante. Le tableau

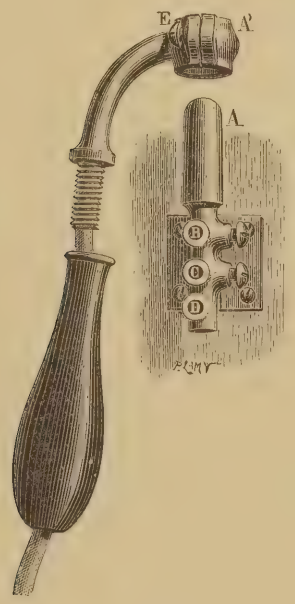


Fig. 2

et les connexions sont calculés pour supporter sans danger un courant de 200 ampères.

Chaque fiche est pourvue d'une douille avec une vis de serrage B, destinée à recevoir l'extrémité de la ligne, qui peut être soudée pour plus de sureté. La vis C sert à établir une connexion momentanée entre deux ou plusieurs circuits, au moyen d'un fil amovible. En outre, chaque terminus est pourvu d'un trou conique D destiné aux essais, au moyen d'une fiche de forme correspondante reliée par un câble flexible avec un galvanomètre.

Les câbles reliés avec les manchons de connexion sont formés de fil recouvert d'un isolant spécial, la *Kérite*, particulièrement flexible; ils sont tressés ensemble, sans autre isolation.

Les tableaux sont en bois de noyer noir, les montures métalliques sont nickelées, en sorte que l'ensemble a un fort bon aspect.

Système d'induction de Diehl pour insérer des lampes a incandescence dans des circuits a arc. — Aux États-Unis, il devient de jour en jour plus nécessaire de pouvoir introduire l'éclairage électrique par l'incandescence, dans des endroits où la lumière à arc se trouve installée, ce qui a donné naissance à de nombreux systèmes permettant l'introduction des lampes à incandescence, sur des circuits à arc.

Jusqu'ici, on s'est servi, pour cela, de ce que l'on est convenu d'appeler des *distributeurs*, qui, en réalité, sont des *commutateurs* reliant les lampes en séries multiples dans le circuit à arc.

Tout récemment, cependant, on s'est décidé à s'écarter de cette méthode, et pour cela, on a employé les phénomènes d'induction, d'une manière nouvelle et tout à fait ingénieuse.

L'inventeur de ce système, M. Philip Diehl, d'Elizabeth (New-Jersey), avait, on s'en souvient, envoyé, entr'autres produits, à l'exposition d'électricité de Philadelphie, en 1884, une lampe portée à l'incandescence par le courant secondaire induit dans une bobine placée dans le globe de la lampe même, la bobine primaire étant placée à l'extérieur.

Dans la méthode dont il se servait alors, M. Diehl avait recours à une machine à courant alternatif pour produire le courant dans la bobine primaire. Mais il est évident que lorsqu'on emploie des courants continus, tels que ceux en usage sur la grande majorité des circuits à arc, il importe de transformer ce courant continu, en un courant alternatif, dans les bobines primaires des lampes à incandescence, sans modifier celui des lampes à arc.

M. Diehl y est parvenu d'une manière très ingénieuse, en plaçant dans le circuit un interrupteur, et en reliant les lampes à incandescence de telle sorte qu'elles forment des voies indépendantes pour le courant principal, de manière que ce dernier ne puisse jamais être interrompu dans le circuit des lampes à arc. De cette façon, au lieu d'employer des courants alternatifs, proprement dits, on obtient un courant continu qui est interrompu très rapidement et périodiquement.

La manière dont les lampes sont reliées en circuit est représentée par le diagramme ci-dessous (fig. 3). Le courant partant de la dynamo, passe

par les lampes à arc B, B, et de là, arrive à une série de lampes à incandescence qu'il s'agit de mettre en activité. Les lampes sont groupées en deux séries, I, I, I et I′, I′, I′. Les circuits sont reliés d'une part aux balais *b*, *b′*, qui portent contre l'interrupteur C, tandis qu'en F ils se réunissent au circuit des lampes à arc.

Le conducteur est rattaché avec le centre de l'interrupteur C qui, comme on le voit sur la figure, porte trois segments conducteurs *d*, *d*, *d*, reliés ensemble, et trois segments isolés *i*, *i*, *i*. On remarquera que les balais sont placés de telle sorte qu'en aucune position le balai *b* ne peut abandonner l'un des segments conducteurs *d*, avant que le balai *b′* ne soit venu en contact avec

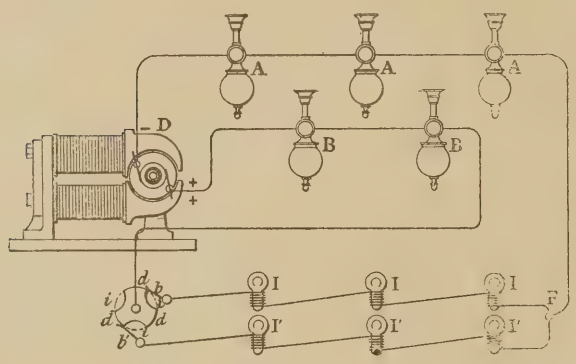


Fig. 3

l'un des segments conducteurs opposés; on remarquera également que, lorsque les deux balais sont en contact, le moindre mouvement de rotation de l'interrupteur suffit pour mettre l'un d'eux hors de contact, en le faisant passer sur l'un des segments isolés *i*.

Il en résulte que le courant est interrompu dans l'une ou l'autre des branches I ou I′, selon que le balai *b* ou le balai *b′* se trouve sur un segment isolé de l'interrupteur, ou réuni à la masse. Le courant principal n'est jamais interrompu; il circule alternativement dans l'un ou l'autre des circuits I et I′ des lampes à incandescence.

La révolution rapide de l'interrupteur crée les variations de courant dans la bobine primaire de la lampe à incandescence, et la bobine primaire, à son tour, induit alors les courants voulus véritablement alternatifs, dans la bobine secondaire, à laquelle le filament est attaché.

Les courants primaires ainsi obtenus produisent à peu près le même effet que celui que l'on obtiendrait avec une machine à courants redressés.

Après ce que nous venons de dire sur le mode de fonctionnement du système, voyons maintenant la description des appareils employés pour en réaliser l'application, et qui renferment plusieurs dispositions nouvelles et ingénieuses.

Il est facile de comprendre que l'on peut placer en un point quelconque des circuits à arc, un nombre quelconque de lampes à incandescence, en plaçant, en chacun de ces points, un interrupteur de courant.

L'appareil complet est représenté sur la figure 4.

Il se compose simplement d'un cylindre de laiton portant un certain nombre de rainures longitudinales remplies par des bandes de verre

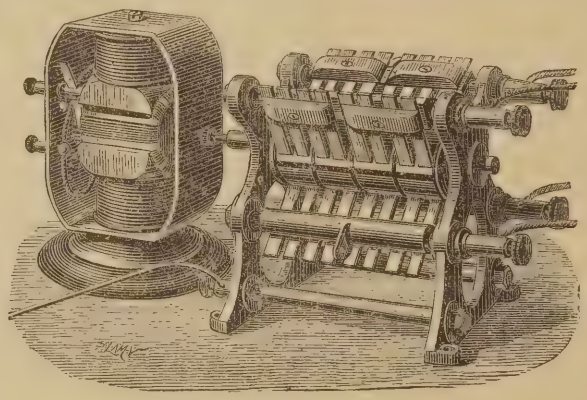


Fig. 4

formant les segments non conducteurs de l'interrupteur.

Quatre paires de balais appuient contre la circonférence du cylindre: ils sont reliés par deux, de sorte qu'ils ne forment qu'une paire de balais.

Le but de cette disposition est de doubler la surface des contacts, sans augmenter la largeur des balais et par conséquent la longueur du cylindre.

Le mode de fonctionnement est tel que nous l'avons représenté sur le diagramme figure 3. L'interrupteur est couplé directement sur un petit moteur qui fait tourner le cylindre à une grande vitesse, de sorte qu'il produit ainsi plusieurs milliers d'interruptions du courant par minute.

Le petit moteur est actionné par le courant principal et n'exige qu'un travail très minime, tout au plus égal à celui absorbé par une ou deux lampes à incandescence.

La lampe et le support employés dans ce sys-

tème, sont représentés figure 5 ; tandis que l'intérieur de la lampe et de son support sont représentés en coupe, figure 6.

La lampe se compose d'un globe en verre, ayant un prolongement cylindrique creux ; et il n'est pas besoin naturellement de fils métalliques traversant le globe. Dans la partie cylindrique se trouvent quelques couches de fil fin S aux extrémités duquel est attaché le filament F. Ce fil fin constitue le circuit secondaire du système d'induction, dont le fil primaire P est solidement

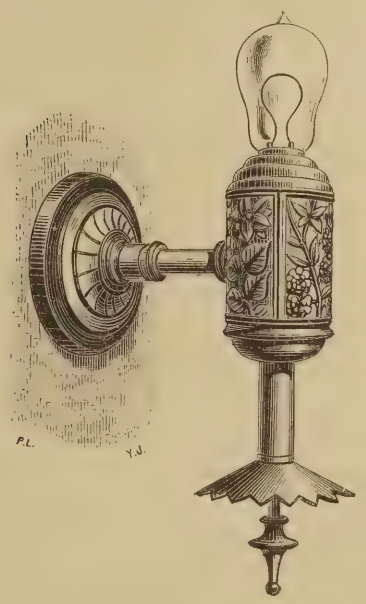


Fig. 5

maintenu dans le support, et renfermé dans l'enveloppe E.

Lorsqu'elle est introduite dans son support, la lampe s'adapte très intimement dans la bobine primaire, et le fil secondaire à l'intérieur du verre est à proximité immédiate de cette dernière.

Comme les effets d'induction entre les fils seuls seraient très faibles, si l'on n'y faisait intervenir l'action du fer, M. Diehl ajoute à sa combinaison, un noyau de fer, de telle sorte qu'il constitue un régulateur à l'aide duquel on peut faire varier à volonté la puissance lumineuse de la lampe. Quand la lampe est placée dans son support, le cylindre creux entoure un noyau de fils de fer doux I qui permet d'augmenter l'induction entre les deux bobines. Ce faisceau de fils de fer est fixé à une tringle R qui peut être élevée ou abaissée, ce qui permet de n'introduire dans les bobines que la longueur voulue du noyau de fer, et d'affaiblir proportionnellement son action. En abaissant donc simplement la tige R, on peut régler la puissance de la lampe au degré que l'on veut, et l'amener même au point où le filament

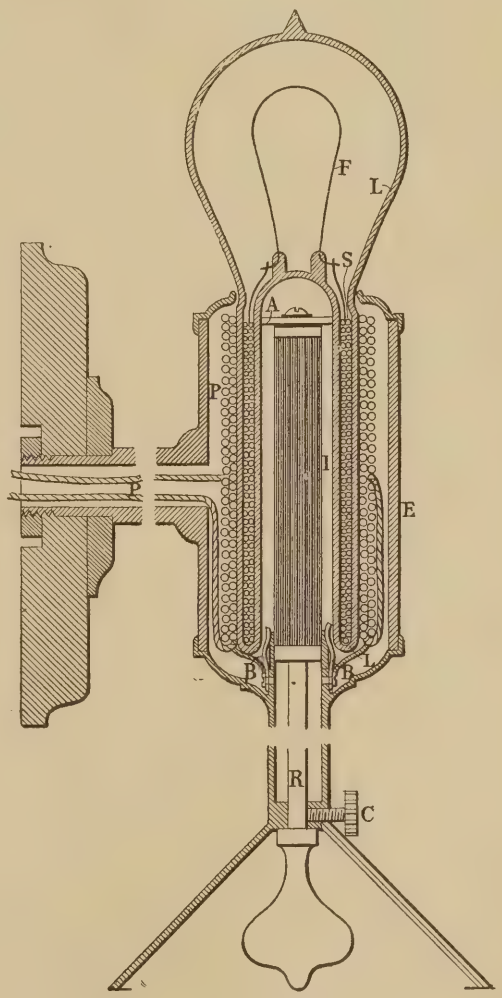


Fig. 6

cesse d'être incandescent. Un système de contacts à ressorts est, en outre, disposé de telle sorte que lorsque la tige est dans sa position inférieure, la bobine primaire de la lampe est mise en court-circuit ; elle ne reçoit plus ainsi aucun courant.

La manière dont cette mise en court circuit a lieu, se voit facilement sur la figure 6. Deux contacts à ressorts B B sont reliés respectivement aux deux extrémités de la bobine primaire et sont

normalement hors de contact. La partie supérieure du noyau de fer porte une rondelle de fer isolée A qui, lorsque la tige est complètement abaissée, établit une communication entre eux, en mettant la bobine primaire en court circuit, de sorte que la lampe ne consomme plus d'énergie électrique. On peut, évidemment, si on le désire, appliquer à la lampe un coupe-circuit ordinaire pour l'extinction.

Il est clair qu'avec ce système, il est possible d'introduire dans les circuits branchés des lampes à incandescence de n'importe quel pouvoir éclairant, puisque leur puissance ne dépend que de la construction et des proportions relatives des bobines primaires et secondaires. M. Diehl pense qu'une lampe ayant une résistance de 90 ohms, et donnant une clarté d'environ 16 bougies, fonctionnera parfaitement bien, avec 7 grammes ou 15,25 mètres de fil de cuivre numéro 29 en deux couches formant la bobine secondaire à l'intérieur de la lampe. Le fil de cuivre employé est nu, et les deux couches sont enroulées sur une mince feuille de mica qui les sépare.

Ces lampes à induction fonctionnent également bien avec des courants alternatifs; on obtient les meilleurs résultats avec 7000 à 10000 interruptions par minute. Lorsque les lampes sont placées sur des circuits à incandescence, M. Diehl préfère employer les courants alternatifs.

La lampe que nous venons de décrire est le modèle le plus récent créé par l'inventeur; mais il en a imaginé plusieurs autres; parmi ceux-ci nous citerons celui dans lequel la lampe renferme une armature Siemens en navette, qui est placée dans le champ d'un électro-aimant en fer à cheval. En faisant tourner la lampe et l'armature qu'elle renferme, de façon que les pôles de cette dernière soient en face de ceux de l'aimant, la lampe éclaire vivement, tandis que lorsqu'ils sont placés à angle droit de cette position, la lumière baisse.

Le système d'Edison pour l'éclairage des rues. — Lorsqu'on a commencé à établir, il y a quelques années, des stations centrales pour l'éclairage par l'incandescence, les partisans intéressés du gaz se réjouissaient, en pensant que, bien que l'éclairage domestique pût être réalisé par ce procédé, la lampe à incandescence ne pourrait jamais se substituer au gaz pour l'éclairage des rues, et même pour l'éclairage domestique sur des lignes se trouvant à une distance très grande de la station centrale. Mais il fallut bientôt renoncer à cette illusion, grâce à l'introduction des systèmes de groupement en série des lampes à incandescence, qui permet l'emploi de conducteurs de faibles dimensions pour transporter le courant nécessaire aux lampes.

Le système connu sous le nom de système *municipal d'Edison* est basé sur cette méthode : les lampes sont placées en série sur un circuit à haut potentiel, comme les lampes à arc, et à chacune correspond une fraction déterminée de la force électromotrice totale du circuit.

Le premier essai de ce système fut fait au commencement de 1885 à Lockport (New-York). La compagnie du gaz voulait éclairer les rues dans la banlieue au-delà de la portée de ses conduites, et l'on trouva que le système *municipal* permettait de réaliser ce dessein.

A Portland (Maine), 280 lampes à incandescence sont actuellement établies sur douze circuits dans des rues très sombres et dans des districts suburbains, conjointement avec 150 lampes à arc placées dans les espaces plus étendus. Les autres lampes, — il y en a 500 en tout, — sont employées dans des imprimeries et dans la salle d'audience de l'Hôtel de ville. Lawrence (Massachussetts) est éclairée par 550 lampes; Denver (Colorado), par 530, et plusieurs autres villes encore, par le même système.

Tout en pouvant s'appliquer à l'éclairage intérieur, dans les cas où l'éclairage est constant, ce système est spécialement désigné pour l'éclairage des rues, où le nombre des lampes en circuit ne varie pas.

Son grand avantage consiste en ce que plusieurs circuits indépendants peuvent être alimentés par une seule machine. Les dernières dynamos construites à cet effet produisent une force electromotrice de 1200 volts; on en construit de trois types donnant respectivement 16, 32 et 48 ampères.

Les lampes sont établies de façon à absorber un courant de 4 ampères; la plus petite machine peut donc alimenter 4 circuits, tandis que la plus grande peut en alimenter 12.

Le diagramme (fig. 7) montre comment sont disposés la station et les circuits. Quatre de ces derniers partent des balais, et, après avoir passé par des ampèremètres, la ligne passe aux lampes et revient à l'autre balai.

La rupture d'une lampe est indiquée immédiatement par l'augmentation de courant marquée sur l'ampère-mètre en circuit avec cette lampe. Lorsque cela arrive, une des six lampes situées immédiatement au-dessous de chaque ampère-mètre, est introduite dans le circuit, de sorte que les conditions sont ramenées à leur état normal, et le courant est réduit à l'intensité voulue.

La lampe et le mode de fixation employés dans le service municipal, sont représentés sur la figure 8. On a veillé avec un soin tout particulier à assurer un isolement parfait, et la lampe est recouverte d'un chapeau destiné à la préserver de l'influence des intempéries.

Lorsque les lampes sont montées en série, il faut avoir soin, évidemment, de maintenir la continuité du circuit lorsqu'un filament vient à se rompre. On y a pourvu d'une manière fort

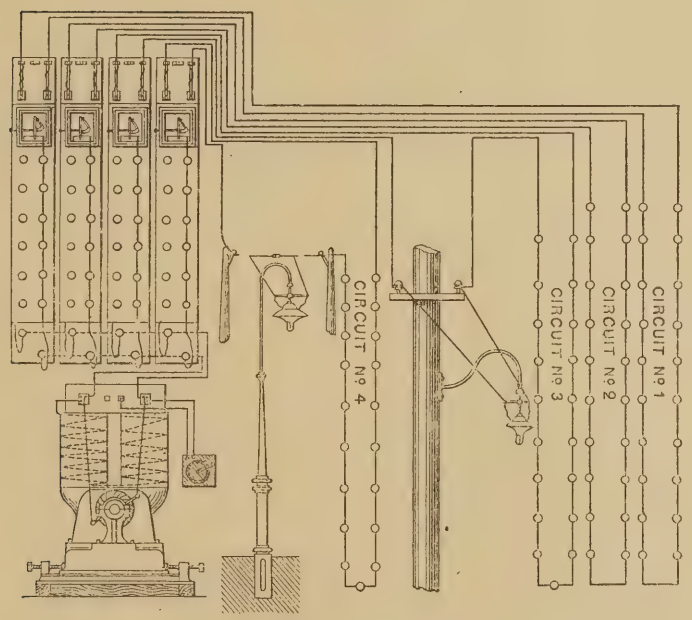


Fig. 7

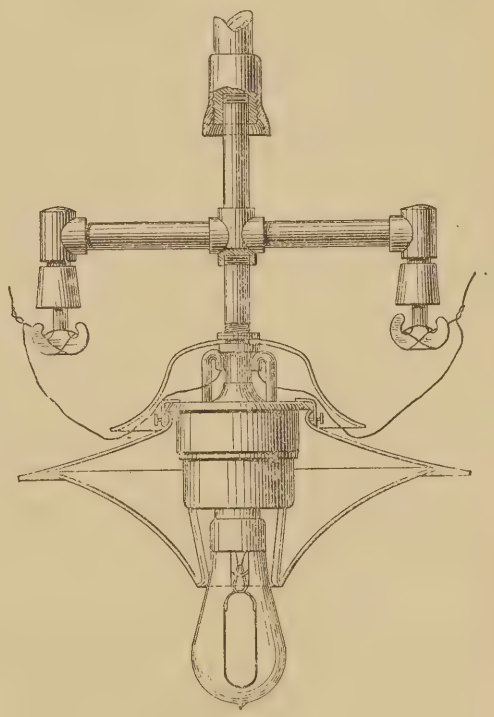


Fig. 8

simple à l'aide d'un coupe-circuit automatique placé dans la douille de la lampe.

Comme il a été dit ci-dessus, on peut alimenter de quatre à douze circuits avec des machines de différentes grandeurs, et l'on peut insérer dans le circuit, des lampes de tout pouvoir éclairant, depuis 15 jusqu'à 100 bougies; chacune d'elles absorbant naturellement une quantité proportionnelle de la force électromotrice du circuit. Le courant de chaque circuit n'étant que de 4 ampères, un fil très faible suffit pour le transporter à de grandes distances sans grande perte. Ainsi un fil nº 12 B. W. G. ou un fil nº 15, de la jauge d'Edison, pourrait relier des lampes sur un circuit de seize kilomètres avec 15 o/o de perte seulement.

J. Wetzler

VARIÉTÉS

A propos du procès Edison-Swan contre Woodhouse et Rawson.

Bien que l'on n'ait que vingt-quatre heures pour maudire ses juges, et qu'on n'en ait encore moins quand il s'agit des juges des autres, il est, cependant, permis quelquefois, en raison de l'impor-

tance des faits ou des personnages mis en cause, de discourir un peu sur un jugement rendu, surtout lorsque l'arrêt surprend et ne s'explique pas de lui-même. N'allez pas conclure qu'il soit en notre pensée de critiquer une sentence ou de blâmer la décision de magistrats intègres. devant lesquels on doit s'incliner. Bien loin de là!

Comme tout bon citoyen élevé dans les principes de la pure morale, nous avons le respect de la chose jugée, nous croyons la justice infaillible, et le seul œil que l'allégorie lui accorde, suffit, nous n'en doutons pas, pour lui permettre de voir clair, là où le pauvre vulgaire ne voit rien.

Cette déclaration faite, et personne ne pouvant avoir de doute sur notre sincérité, nous voudrions parler un peu de ce procès si retentissant, dans le monde des électriciens, et qui vient de se dérouler en Angleterre. *La Lumière Electrique* n'en a dit que quelques mots jusqu'ici. Nous attendions pour en parler que le verdict fût rendu, nous craignions d'avoir l'air de douter de l'issue du procès et, aujourd'hui, nous nous félicitons de la réserve gardée, pour les raisons que nous avons exposées et également pour celles qui vont suivre.

C'est que le procès en question est pour le moins singulier. Ce qui le rend en effet étrange, c'est que la discussion paraît n'avoir point porté sur les faits mêmes en litige, et que finalement, les raisons qui motivèrent le jugement ne semblent pas absolument concluantes. D'ailleurs, voici la chose :

La Société qui a pour raison sociale *Edison and Swan United Electric Light Company*, et qui exploite, entr'autres brevets, ceux d'Edison, de Swan et de Gimingham sur la lampe à incandescence, ayant cru voir une contrefaçon dans la lampe construite par MM. Woodhouse et Rawson, intenta un procès à ces derniers. Quoique la plainte primitive fût faite sur les trois noms que nous venons de citer, Edison, cependant, reconnut rapidement que ses deux associés n'étaient pas en cause et fit porter le procès seulement sur son seul brevet.

Comme on le voit, la question était bien nette. Le brevet étant donné, il s'agissait de savoir si la contrefaçon existait ou non, et de rendre le jugement après preuve faite. Les choses se seraient peut-être ainsi passées, si dès l'abord MM. Woodhouse et Rawson n'avaient enfermé le juge chargé de l'affaire dans le dilemne suivant :

« De deux choses l'une, disaient ces messieurs; ou la revendication du brevet Edison porte seulement sur la fabrication du charbon incandescent de la lampe, et alors la contrefaçon n'existe point, car nous n'avons point de brevet et notre procédé est un secret que nul ne connaît ; ou bien, au contraire, c'est le monopole de la lampe à incandescence elle-même, que réclame Edison ; alors son brevet n'a aucune valeur, car, avant lui, Swan avait publiquement exposé à Newcastle une lampe à incandescence dont la sienne n'est qu'une copie. »

Cette prise de position était assez bonne. Tout portait à croire que la première hypothèse était celle qu'on allait admettre, alors c'était à discuter. Mais, premier étonnement, Edison et le juge Butt la rejetèrent et, ne prenant que le deuxième point, la question fut brusquemment changée. MM. Woodhouse et Rawson furent mis de côté pour ainsi dire et c'est le procès Edison contre Swan qui s'engagea réellement. Ces deux seuls brevets furent mis en cause, le *lord justice* les examina avec soin, et ayant trouvé que dans l'un, l'organe éclairant était un crayon de charbon, et un filament dans l'autre, que suivant lui, un crayon n'étant pas un filament et réciproquement, il déclara que sa conscience ne lui permettait pas de confondre les deux brevets ; conclusion : que MM. Woodhouse et Rawson étaient des contrefacteurs.

Nous ne savons pas les réflexions que les deux condamnés firent après ce jugement. Tout porte à croire pourtant qu'ils ne furent pas absolument convaincus, car ils allèrent en appel. Cette fois, au lieu d'un juge, en en prit trois, en vertu, sans doute, de l'axiome connu : Qu'est-ce qui est plus fort qu'un juge? C'est deux juges, et trois juges *à fortiori*.

Comme dans la première juridiction, on négligea devant la seconde ces deux pauvres MM. Woodhouse et Rawson ; Swan seul fut encore pris à partie, on tourna et retourna son brevet et, cette fois encore, à la majorité de deux voix contre une on déclara qu'il avait tort. Seulement, il y eut aggravation. Au lieu de distinguer entre le crayon ou la baguette et le filament et de chercher à déterminer le diamètre exact à partir duquel un morceau de charbon change de nom, les juges

considérèrent que, 1° la lampe Swan n'était pas, à proprement dire, une vraie lampe ; qu'elle en constituait qu'une tentative qui n'avait pas donné de résultats pratiques, que 2° Edison qui n'avait pas inventé la lampe à incandescence, l'avait pourtant rendue pratique, avant lui personne n'en ayant tiré profit, et qu'enfin, vu l'importance des sociétés créées sur son brevet et le nombre de services qu'elles avaient rendus, MM. Woodhouse et Rawson n'avaient pas le droit de construire et de vendre la moindre lampe à incandescence.

Comme bien vous pensez, ce jugement venant confirmer le premier, ne fut pas sans provoquer un certain étonnement parmi les électriciéns mis en cause. Pour nous qui savions, sans en pouvoir douter, qu'avant Edison, les Lodyguine, les de Changy et tant d'autres, avaient fait des lampes à incandescence, qu'après lui, tout le monde à peu près en avait fait et vendu, et qu'en matière de priorité il n'y a généralement pas à voir si l'on a formé ou non des sociétés industrielles, si on a gagné de l'argent ou si on en a perdu; cette proclamation solennelle de la toute-puissance d'Edison, bouleversa quelque peu les idées que nous nous étions faites.

Nous croyions, en effet, qu'il y avait des choses qu'on ne pouvait pas légalement breveter; qu'il ne suffisait pas d'écrire sur une feuille de papier : « En résumé, je revendique comme étant ma « propriété, l'emploi de la lumière solaire pour « l'éclairage public et privé », pour que le reste de l'humanité soit condamné à s'enfermer dans une cave et à s'éclairer avec des bougies. Tout en admirant la valeur indiscutable du génie d'Edison, nous ne savions pas qu'il avait inventé le soleil ; nous pensions même que depuis longtemps la fabrication de ses lampes différait légèrement de celle qu'il revendiquait dans ses brevets; nous croyions encore un tas d'autres choses....! eh bien, nous nous trompions.

Non, nous ne nous trompions pas absolument, nous étions simplement dans l'erreur, et nous péchions par ignorance.

Pour concilier nos convictions et le respect de la magistrature, dont nous avons fait mention plus haut, un avocat érudit nous a clairement expliqué l'énigme.

En matière juridique, il faut distinguer : il y a le *fait*, il y a le *droit*; ce n'est pas la même chose. Si vous faites un procès, et qu'en *fait* vous ayiez raison, il n'en faut pas conclure que votre cause soit gagnée. Il faut voir. Si vous avez raison en *droit*, c'est parfait; mais si on démontre qu'en *droit* vous avez tort, alors tout change : vous avez perdu. Le juge, pour être juste, ne connaît que le *droit;* le *fait*, peu lui importe, c'est au code qu'il rattache tout, et voilà pourquoi on peut à la fois, sans s'en douter, avoir tort et raison.

Cette explication fit la complète lumière sur les points qui semblaient obscurs dans le jugement dont nous parlons. Évidemment, nous avons raison de continuer à croire, qu'en *fait*, tout le monde, y compris MM. Woodhouse et Rawson, a le droit de faire des lampes à incandescence, mais en *droit*, c'est le contraire, c'est Edison qui est tout puissant.

Voilà donc où nous voulions en venir. Nous espérons que, si nos lecteurs se sont trouvés, comme nous, dans un moment d'incertitude, notre article suffira à remettre le calme dans leur esprit, et que les amis de MM. Woodhouse et Rawson pourront encore serrer la main à ces derniers, tout en continant à respecter profondément la *justice*, cette base immuable de la société.

Reste pourtant le cas de M. Swan. Comme nous l'avons vu, c'est lui qui fut encore le plus malmené dans le cours de ce procès, et c'est la condamnation de son brevet qui surtout en résulte; seulement, s'il a souffert comme inventeur, il y a gagné comme associé d'Edison. Les bénéfices de sa bourse panseront les blessures faites à son amour-propre, à moins, toutefois, qu'Edison grisé par son succès ne lui intente à présent un procès. Puisque le brevet Swan ne vaut plus rien, l'*United Electric Light Society* a été trompée en l'acquérant, et si sur ce point elle voulait retourner devant les juges, encore une fois, c'est certain, elle aurait raison.

Cependant, cette éventualité est peu probable. Le procès qui vient d'être jugé, va permettre à Edison de poursuivre presque tous les constructeurs électriciens du monde entier, car maintenant, en *droit*, tous sont contrefacteurs, et suffisamment occupé par cette besogne, il laissera probablement en paix son associé, qui, comme le mari du conte de Lafontaine, demeurera battu..... et content.

P. Clemenceau

CORRESPONDANCE

Il y avait longtemps que *La Lumière Electrique* n'était revenue sur ce sujet, si interressant, des sonneries électriques, quand une illustration du *Journal de Dingler* (vol. 265, n° 5, table XIV) nous étant tombée sous les yeux, nous avons cru devoir la reproduire. Mal nous en a pris, comme on va en juger par la lettre suivante :

Toulouse, 22 février 1887.

Monsieur le Directeur de *La Lumière Électrique*,

Tous les lundis je prends chez mon libraire le numéro de *La Lumière Électrique*.

Hier, dans le numéro du 19 février, je trouve (page 384) un dessin de la sonnerie dite de Sledge et Slatter (brevet anglais 9128). Ce dessin reproduit fidèlement une sonnerie que j'ai construite depuis 1878 et que j'ai eu l'honneur de voir copier par la maison Biloret et Mora après l'avoir montrée à l'un de ses voyageurs.

Aussitôt en possession de votre journal je vous ai adressé par la poste deux des modèles que j'ai construits à l'époque citée ci-dessus, respectant dans ces modèles la rouille qui devait vous prouver qu'ils n'étaient pas faits pour la circonstance.

En effet, c'est en 1879 que les pièces de fonte malléable, formant le socle, m'ont été fournies, par la maison Dalifol, sur modèle en cuivre que je lui ai adressé. Je tiens donc, à faire constater que ces messieurs d'Angleterre n'arrivent que neuf ans en retard et vous m'obligeriez infiniment si vous vouliez en faire mention dans votre journal.

Lorsque j'étais abonné à l'*Électricien*, j'ai déjà signalé à M. Hospitalier la coïncidence de l'emploi de l'électro-aimant droit de cette forme par M. Sieur et moi-même pour un poste central téléphonique. J'ajouterai que j'ai employé encore cet électro-aimant pour un relais semblable à celui de M. Radiguet dans son allumeur-extincteur et dans un moteur, pour tubes de Geisler, comme dans plusieurs autres appareils et cela depuis 1880, 1881. Il y a deux mois à peine, j'ai encore fait un petit poste central dans lequel j'emploie encore cet électro-aimant sous une autre forme.

Comptant, Monsieur le Directeur, sur votre obligeance pour signaler ce fait, je vous prie d'agréer, etc.

WIBRATTE,
Constructeur électricien.

Nous avons, en effet, reçu les petits objets envoyés par M. Wibratte, et nous pouvons certifier qu'ils témoignent par leur apparence, d'une certaine vétusté.

En ce qui concerne le fond de sa réclamation, elle nous paraît justifiée, en ce sens qu'il est bien évident que les honnêtes *inventeurs* en question se sont *inspirés* de M. Wibratte; mais par contre, laissant de côté la question de construction proprement dite, et en particulier l'emploi de la fonte malléable, il ne faudrait pas aller jusqu'à croire que le type d'électro-aimant employé, — il a reparu depuis peu sous le nom de système Recordon, — fut nouveau, même en 1878.

Mais il s'agissait d'un certain type, et nous avons reçu deux modèles ; M. Wibratte nous permettra peut-être, après lui avoir exprimé encore une fois, tout le bien que nous pensons du premier, de médire un peu du second, que nous regrettons de n'avoir pu faire reproduire.

Il suffit de dire que dans ce type, la monture en fonte malléable est d'une seule pièce, en sorte que les lignes de force engendrées dans la bobine peuvent, ou bien traverser l'armature et le noyau, en passant deux fois dans l'air, ou bien passer du noyau par l'armature à la masse de fonte, en ne traversant l'air qu'une fois ; on voit de suite le résultat de cette disposition.

E. M.

FAITS DIVERS

M. le général de brigade Boudet est nommé inspecteur général de la télégraphie militaire pour l'année 1887.

La matinée du mercredi des cendres a donné à Marseille le terrifiant spectacle de plusieurs secousses de tremblement de terre.

A 6 heures précises, au moment où le bourdon de Notre-Dame de la Garde annonçait l'heure du réveil, une longue secousse réveillait en sursaut les Marseillais endormis.

Les personnes habitant les étages élevés des maisons de notre ville ont été secouées de la façon la plus violente, et même aux étages inférieurs, les portes, les fenêtres craquaient avec un bruit sinistre et les murs semblaient s'ébranler avant de s'écrouler.

A 6 heures 10 minutes et à 8 heures 32, on a ressenti deux nouvelles secousses moins fortes que la première.

Les oscillations s'effectuaient dans le sens du méridien, du Nord au Sud et du Sud au Nord.

Le tremblement de terre s'est fait sentir en mer tout aussi bien que sur terre; le temps très calme faisait de

l'eau un véritable miroir. Tout à coup cette glace a frissonné et s'est ridée sur toute la surface de la mer. De petites vagues se sont produites et dans certains endroits on a constaté des bouillonnements insolites. Toutes les personnes qui étaient à bord des bateaux, ont éprouvé des tressaillements qui les ont plongées dans une profonde surprise. Elles ne pouvaient s'expliquer ce roulis ou ce tangage, au milieu du port, en plein calme et le navire amarré.

L'Observatoire de Nice n'avait eu aucun avertissement. A Marseille, aucun appareil n'avait annoncé l'approche du phénomène.

Valence, Montpellier, Orange, Grenoble, Genève, etc., ont ressenti les mêmes effets.

Deux faits intéressants, au point de vue électrique, ont été relevés. Sur les lignes télégraphiques de Valence et Marseille on a constaté la présence de courants telluriques très marqués. D'autre part, les lignes qui relient le réseau français au réseau italien ont été mises complètement hors de service au-delà de Nice.

Le Dr Fleming estime qu'il reste dans une lampe Swan où le vide a été poussé jusqu'à un millionième d'atmosphère encore 400,000 millions de molécules d'air. Comme il faut environ dix jours pour compter jusqu'à un million, il est facile de calculer qu'il faudrait 120,000 ans pour compter les molécules dans un espace de ce genre.

Le ministère Italien a prescrit de classer les câbles et conducteurs électriques comme instruments de physique sur les tableaux statistiques de l'exportation de ce pays.

La *Société d'Électricité* de Rotterdam a fait installer une usine à Cologne, pour la fabrication des accumulateurs de Khotinsky, afin d'éviter les droits d'entrée très élevés en Allemagne.

Le Conseil municipal de Philadelphie va bientôt avoir à se prononcer sur une demande de concession pour la construction d'un chemin de fer électrique souterrain. La vitesse des trains sera de trente milles par heure avec trois arrêts par mille dans certains quartiers de la ville, et quatre dans le quartier des affaires. En tenant compte de ces arrêts, les trains pourront faire 20 milles à l'heure ou presque deux fois autant que les chemins de fer aériens de New-York.

Le chemin de fer électrique du système Daft, à Baltimore, fonctionne maintenant depuis plus d'un an et demi, sans aucun accident, et sans qu'on ait eu besoin de recourir à la traction par chevaux une seule fois.

Éclairage Électrique

L'assemblée générale extraordinaire de la Société allemande Edison, dont nous avons annoncé la convocation pour le 9 de ce mois, a décidé d'augmenter le capital social de 2 millions de marks, en vue de la création de nouvelles stations centrales de lumière électrique. Les résultats de l'exercice 1886 ont été les mêmes que pour l'année précédente. Les actionnaires ont également ratifié la convention avec la Société *Stædtische Elektrizitætswerke*, dont la direction sera confiée à deux des membres du conseil d'administration de la Société Edison. Le capital de cette dernière se trouve donc porté à 7 millions de marks.

Le théâtre de la cour à Darmstadt, sera éclairé à la lumière électrique à partir de la saison prochaine. L'installation sera faite sur le modèle de celle du théâtre de la Cour à Munich. La maison Schuckert de Nuremberg et la Société allemande Edison de Berlin, ont déjà fourni des devis pour l'installation.

La maison Schuckert, de Nuremberg, a été chargée d'installer 4,000 lampes à incandescence et 33 foyers à arc dans le port libre de Hambourg et dans les entrepôts.

Le nombre des lampes demandées à la nouvelle usine centrale de lumière électrique, que construisent MM. Schuckert et Cie, à Lubeck, dépasse déjà 2,000 lampes.

La Société industrielle d'électricité de Bruxelles, a été chargée d'installer la lumière électrique dans les rues de la commune de Berchem, près d'Anvers. La force motrice sera fournie par une machine à vapeur de 50 chevaux.

La même Société a également installé l'éclairage électrique dans la commune de Borgerhout, près d'Anvers, à la gare de Courtrai, etc.

Les bureaux de la *Gazette de Cologne* sont éclairés avec 150 lampes à incandescence alimentées par des accumulateurs.

On annonce que l'installation centrale de lumière électrique, à Temesvar, en Hongrie, est devenue la propriété de la *Anglo-American Brush Electric Lighting Cie*, qui aurait également acheté la maison Kremenetzky et Mayer de Vienne.

Le théâtre municipal d'Exeter, en Angleterre, va prochainement être entièrement éclairé à l'électricité.

La lumière à incandescence vient d'être installée au collège de Cardiff, dans le pays de Galles. L'installation comprend 20 lampes de 20 bougies, alimentées par 20 éléments secondaires, fournies par la Compagnie Elwell-Parker. Un moteur à gaz Fangye sert à charger les accumulateurs dans la journée, avec une quantité d'énergie suffisante pour huit heures d'éclairage.

Le Ministère de la marine, aux Etats-Unis, a décidé, que tous les nouveaux navires à construire seront munis d'une installation complète de lumière électrique.

Le nombre des foyers électriques dans les rues de Boston, a augmenté d'année en année de la manière suivante : janvier 1883 : 114 foyers, janvier 1884 : 381 foyers, janvier 1885 : 401 foyers, janvier 1886 : 446 foyers et janvier 1887 : 494 foyers.

La Compagnie du chemin de fer de Boston à Albany, aux Etats-Unis, a depuis quelque temps fait faire des expériences d'éclairage électrique de ses trains, mais sans obtenir de résultats satisfaisants, surtout à cause des piles primaires dont on s'est servi. Dernièrement, la *Julien Electric C°*, de New-York, a cependant fait des expériences qui semblent avoir très bien réussi : cette Compagnie avait installé 10 lampes de 25 bougies dans une voiture avec une lampe pour chaque plateforme. Le courant était fourni par deux piles secondaires, placées sous les siéges, et capables d'alimenter les lampes pendant 8 1/2 heures. Il paraît que M. Julien a inventé un nouvel alliage pour la confection des grillages de support, qui prolonge presque indéfiniment la durée de l'élément; les expériences faites ont démontré, dit-on, qu'après 18 mois de service, ces plaques étaient aussi bonnes qu'au commencement.

La Edison Electric Light C°, de New-York, a commencé différentes poursuites en contrefaçon de ses brevets, sur l'éclairage à incandescence, devant les tribunaux de Trenton (Ohio), et contre les représentants de la *Westinghouse Electric C°*, de Pittsbourg en Pensylvanie.

Le port de Mobile, en Alabama, aux Etats-Unis, va prochainement être éclairé à la lumière électrique. L'installation comprendra 11 tours en bois ou en fer, d'une hauteur de 30 à 35 mètres, portant chacune quatre lampes de 2,000 bougies chaque, de plus 111 foyers électriques distribnés dans le port et donnant également 2,000 bougies chacune. Les fils seront installés sur des poteaux de 10 mètres et les foyers seront suspendus au milieu des rues.

La United States Electric Lighting C°, vient de terminer une installation d'éclairage électrique à incandescence à l'intérieur du monument national à Washington.

M. G. Pyle, d'Indianapolis, vient d'inventer un nouveau foyer électrique pour locomotives, dans lequel il remplace le charbon inférieur de la lampe par une tige en cuivre et emploie un arc de longueur plus faible que dans les lampes ordinaires.

Suivant M. Pyle, le charbon du crayon supérieur se trouve vaporisé par l'arc et les particules de charbon sont projetées sur l'extrémité de la tige de cuivre où elles forment un dépôt, constamment renouvelé au fur et à mesure qu'il se consume. L'arc jaillirait ainsi en réalité entre deux pointes de charbon et ne renfermerait aucune vapeur de cuivre qui puisse en changer la couleur. Le cuivre ne s'usant pas, le point lumineux resterait complètement immobile.

Enfin pour éviter que les trépidations de la machine ne se communiquent à la lampe, le charbon supérieur est maintenu par une pièce métallique fixée sur la tige de cuivre. Catte pièce se trouve naturellement isolée à l'endroit où elle embrasse le charbon; ses points d'appui sur les deux électrodes sont placées très près de l'arc.

Le Ministre des finances, à Washington, a demandé aux Chambres américaines un crédit de 162,500 francs, pour l'installation définitive de l'éclairage électrique de la statue de la Liberté. Le projet recommande la construction d'un bâtiment spécial pour les machines et le charbon, et le nombre des foyers sur les côtés, sera augmenté de 5 à 13; une lentille sera placée dans la torche avec un groupe de lampes alimentées par une dynamo spéciale, et l'intérieur de la statue comme les abords seront éclairés avec des lampes à incandescence.

Le système d'éclairage électrique Edison vient d'être installé dans les villes de Topeka, Hutchinson au Kansas. L'usine centrale à Topeka peut alimenter 5,000 lampes, et celle de Hut chinson 1,900.

L'éclairage électrique ne paraît pas avoir fait beaucoup de progrès aux Indes, s'il faut en juger par un article publié par notre confrère *Industries*.

L'auteur, M. Killingworth-Hedges, raconte qu'une installation du système Brush, a fonctionné pendant quelque temps à Bombay; mais la liquidation de la Compagnie et les règlements très sévères au sujet des conducteurs aériens ont amené la faillite de l'entreprise. Le climat des Indes présente des difficultés toutes spéciales au point de vue de l'isolation des fils.

Pendant huit mois de l'année, elle ne cause aucun

embarras, mais les pluies continuelles, pendant les autres quatre mois, donnent lieu, à Bombay, à de nombreuses pertes de courant dans les câbles aériens, et empêchaient même le fonctionnement de ceux qui étaient placés dans des tuyaux imperméables, par suite de la condensation qui se produit à l'intérieur de la canalisation ; or, pendant les huit mois d'été on n'a presque pas besoin de lumière, et même en hiver les besoins sont minimes, car les usines et fabriques ont pour habitude de ne travailler que pendant le jour. La population indigène n'a presque pas besoin d'une lumière artificielle, et les Européens demeurent en dehors de la ville, et trop loin les uns des autres, pour rendre une exploitation de ce genre possible.

La loi sur l'éclairage électrique en vigueur aux Indes a été copiée sur celle de 1882, en Angleterre, et a eu pour résultat d'empêcher le développement de cette industrie dans les deux pays. Néanmoins il y a beaucoup d'installations particulières dans les cercles et dans les usines, et il y a un vaste champ ouvert pour l'éclairage des rues, car il n'y a que quatre villes qui possèdent des usines à gaz : Bombay, Calcutta, Madras et Jeypore.

Télégraphie et Téléphonie

Nous lisons dans le *Petit Marseillais*.

Les câbles d'atterrissage de l'*Eastern Telegraph Company*, à Marseille, vont être l'objet d'une modification analogue à celle opérée, il y a quelques jours, pour les câbles français. On sait qu'ils se trouvent actuellement près de l'embouchure de l'Huveaune. Ils vont être relevés et reportés un peu plus loin, vers Bonneveine. Une tranchée en ramènera les extrémités jusqu'au cours d'eau qu'ils franchiront dans un tube métallique, pour aboutir au pavillon qui leur a été dévolu. Les travaux seront effectués par le *Volta*, l'un des cinq steamers spécialement disposés pour la pose et le relèvement des câbles sous-marins, et qui appartiennent à la compagnie désignée plus haut.

Un deuxième steamer spécialement disposé pour le relèvement ou la pose des câbles électriques sous-marins, est arrivé à Marseille. C'est l'*Electra*, qui vient coopérer, avec le *Volta*, aux changements apportés dans l'atterrissage des câbles.

L'*Electra*, construit à Glascow l'année dernière, est muni d'une sonde à vapeur pouvant descendre à une profondeur de 3,500 brasses, de grappins pour relever le câble, d'un dynamomètre pour en indiquer la tension, de quatre puits pour le contenir ayant 8 mètres de diamètre sur 6 de profondeur.

Ce navire, commandé par le capitaine Pattison, comporte un personnel de 4 officiers, 3 ingénieurs électriciens spéciaux, 1 docteur et 62 hommes d'équipage. Semblable à un grand yacht, mâté en brick-goëlette, il possède une installation aussi confortable qu'élégante. Tout y est éclairé à l'électricité.

Nous avons particulièrement remarqué, à l'avant, le *Testing-Room*, chambre d'épreuves, remplie d'appareils spéciaux. Un puissant réflecteur installé sur la passerelle, permet de découvrir la terre à un demi-mille de distance.

La Chambre de commerce de Berlin vient d'adresser une plainte à l'Administration générale des Postes et Télégraphes, au sujet du fonctionnement défectueux du réseau téléphonique de Berlin. Les communications s'établissent trop lentement et les dérangements des lignes se produisent trop souvent ; de plus, il est difficile de comprendre. La Chambre de commerce attribue cet état de choses à l'insuffisance du personnel ainsi qu'aux appareils défectueux de l'Administration et demande un changement de tout le service.

L'Elektrotechnischer Anzeiger de Berlin, auquel nous empruntons ces détails, ajoute que le téléphone Siemens, employé à Berlin, est absolument insuffisant comme transmetteur et peu pratique comme récepteur à cause de son grand poids et de sa forme peu commode.

L'*Eastern Telegraph C°* a demandé au Gouvernement espagnol la permission de construire une ligne télégraphique terrestre allant directement de Bilbao dans le Nord jusqu'à Carthagène, d'où elle serait continuée au moyen d'un câble jusqu'à Gibraltar et Malte. La Compagnie désire s'assurer une nouvelle route à travers l'Espagne jusqu'à l'Orient, en vue des inconvénients que pourrait présenter la route actuelle via Havre et Marseille, dans certaines circonstances. Malgré une certaine pression exercée par plusieurs journaux de Madrid favorables au projet, le Gouvernement espagnol n'a pas encore accordé la permission demandée.

MM. Pirelli et C°, de Milan, qui possèdent la plus grande usine de caoutchouc, en Italie, ont traité avec le gouvernement pour la pose d'un câble entre Massouah et Perim, qui doit être prêt à fonctionner dans un délai de deux mois. MM. Pirelli se sont associés avec l'*Eastern Telegraph C°*, pour cette entreprise, et cette dernière Société à déjà fait transporter 440 milles de câble dans la mer Rouge.

La *Maintenance and Construction Telegraph C°*, de Londres, vient d'embarquer un câble d'une longueur de 300 milles que le gouvernement italien va faire poser entre Massouah et Perim, ainsi que nous l'avons déjà annoncé.

Le réseau de la *Southern Telegraph C°*, comprenant 5,000 milles de fil, entre Washington et Selma, a été vendu le 1er février, à Richmond (Virginie), pour la somme de 2,330,000 francs.

Un procès a été commencé à Philadelphie, par la *Brooks Telegraph Construction* C°, qui prétend posséder le brevet pour l'emploi de circuits métalliques en télégraphie et en téléphonie ?! et que les longues lignes téléphoniques entre New-York-Philadelphie et d'autres grandes villes constituent une violation de leurs brevets. Si les prétentions des plaignants étaient admises par les tribunaux, la propriété du brevet pour le circuit métallique deviendrait aussi importante, à peu près, que celle du téléphone lui même. (Il s'agit sans doute de l'emploi du circuit métallique complet).

L'Electrical Review, de New-York, annonce qu'il vient de se former dans cette ville un syndicat pour la construction d'une nouvelle ligne télégraphique entre New-York et Chicago. La nouvelle entreprise prendra le nom de *New-York and Chicago Telegraph C°*, et se propose de fournir des fils particuliers aux maisons de commission ou de banque dans les deux villes. A cet effet, on construira un câble de 40 fils qui seront loués à raison de 25,000 francs l'un par année.

Pendant l'année 1886, il a été ouvert 36 bureaux télégraphiques en Chine.

Le service de la correspondance téléphonique entre Paris et Bruxelles, a été ouvert le 24 février, à 8 heures du matin.

Provisoirement on ne pourra communiquer qu'en faisant usage des cabines ou bureaux publics installés aux palais des Bourses des deux capitales. A la Bourse de Paris le public a l'usage de deux cabines dont l'une est affectée aux communications d'une façon permanente.

A Bruxelles une cabine accessible jour et nuit est installée au bureau du dépôt des télégrammes. Une seconde cabine établie près de la grande salle des réunions est ouverte au service pendant les heures de la Bourse seulement.

L'*Étoile Belge* dit à ce sujet :

Cette innovation d'une importance considérable ne rendra tous les services qu'on peut en attendre que le jour où les abonnés de Paris et de Bruxelles pourront être mis en rapport avec la ligne internationale. Aussi espérons-nous, dans l'intérêt général, que ce complément du service inauguré hier s'effectuera bientôt.

On comprend difficilement que tout ne soit pas déjà terminé. Les difficultés proviennent d'après les uns, du gouvernement; suivant d'autres, c'est la Compagnie Bell qui serait la cause du retard.

Quoiqu'il en soit, il importe que ces difficultés soient levées dans le plus bref délai possible.

Le jour de l'ouverture de 1 à 3 heures, les communications ont été, en moyenne, au nombre de dix, soit 30 communications chacune de 5 minutes, pendant la tenue de la Bourse; ce qui fait une recette de 42 francs pour l'Etat belge. Celui-ci perçoit 1 fr. 30, et le gouvernement français 1 fr. 60 par communication de 5 minutes.

Rappelons à ce propos que les personnes qui règleront à l'avance un entretien téléphonique, auront à tenir compte que l'heure de Bruxelles est en avance de 8 minutes sur celle de Paris.

L'administration des Téléphones s'occupe activement d'installer des communications téléphoniques inter-urbaines. C'est ainsi qu'on vient d'établir une ligne téléphonique entre Paris et Lille et qu'on va installer prochainement à la Bourse de Paris plusieurs cabines reliées à Rouen, le Hâvre et Troyes.

Les préparatifs pour l'installation d'un réseau téléphonique à Minden, en Hanovre, sont presque terminés, de sorte qu'on pourra bientôt commencer la construction. Le nombre des abonnés inscrits s'élève à 31, dont 12 demandent la communication avec Hanovre et 8 avec Bielefield.

Le Ministre du commerce à Vienne, a décidé d'ouvrir plusieurs cabines téléphoniques publiques à Vienne. Ces cabines seront installées aux frais de l'Etat et seront mises à la disposition du public moyennant une petite somme; on ne pourra communiquer qu'avec les abonnés à Vienne, mais plus tard on organisera également un service avec Brünn. Le réseau de Vienne appartient à une société particulière, mais le gouvernement s'est réservé le droit de demander la communication avec le réseau pour toute ses lignes télégraphiques et téléphoniques.

Le gouvernement autrichien se propose d'installer de nouveaux réseaux téléphonique dans les villes de Klagenfurt, Zara, Salzbourg, Bregenz, Eger, Budweis, Gablenz, Cracovie, Spalato et Znaim.

La ligne téléphonique entre Zurich et Bâle est maintenant terminée et a été essayée par les autorités; la ligne de Zurich à Glaris sera également livrée bientôt au public.

La National Telephone C°, vient d'inaugurer une ligne téléphonique directe, entre Glasgow et Stirling, en Ecosse. La ligne que construit la Compagnie, jusqu'à Dundee, sera bientôt terminée, et, on se propose d'étendre le service jusqu'à Aberdeen.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 12 MARS 1887 N° 11

SOMMAIRE. — A propos de la distance maxima pour les communications téléphoniques ; W.-H. Preece. — Sur un compteur de temps pour lumière électrique ; B. Marinovitch. — Sur la mesure pratique des faibles résistances ; P.-H. Ledeboer. — Définitions et désignations en électrotechnique ; E. Dieudonné. — Études récentes sur les lampes à incandescence ; A. Pallaz. — Revue des travaux récents en électricité : Sur les relations qui peuvent exister entre les variations magnétiques et les tremblements de terre ; par M. Léon Descroix. — Sur la conductibilité électrique des dissolutions salines de concentration moyenne, par M. E. Bouty. — Sur la détermination du coefficient d'induction mutuelle de deux bobines, par M. Carey Foster. — Sur l'intensité des courants téléphoniques, par M. C. Cross. — Sur les spectres magnétiques produits au moyen de substances peu magnétiques, par M. E. Colardeau. — Correspondances spéciales de l'étranger : Angleterre; J. Munro. — États-Unis; J. Wetzler. — Exposition universelle de 1889 : Rapport présenté à la commission du contrôle et des finances par le directeur général de l'exploitation. — Faits divers.

A PROPOS

DE LA DISTANCE MAXIMA

POUR LES

COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES

La loi qui détermine la distance à laquelle il est possible de communiquer par téléphone sur des lignes terrestres est identique à celle qui détermine le nombre de courants qu'on peut transmettre dans l'unité de temps à travers un câble sous-marin. La preuve expérimentale qui sert de base à cette loi a été faite en 1853 par Latimer Clark, dont j'étais alors l'assistant. J'ai, moi-même, fait ces expériences en présence de Faraday, qui, du reste, en avait indiqué un certain nombre, et il en a fait le sujet d'une conférence à la *Royal Institution*, le 20 janvier 1854. Elles ont été publiées depuis dans ses *Recherches* (1).

Sir William Thomson est parti de ces expériences pour étudier le problème au point de vue mathématique, en 1855 (1) ; la loi qui régit ce phénomène a ensuite été démontrée expérimentalement par MM. Fleeming Jenkin et Cromwell Varley. Les 200,000 kilomètres de câbles qui reposent aujourd'hui au fond de l'Océan en fournissent tous les jours la preuve.

Hockin a réduit la loi de Thomson à la série suivante :

$$x = C\left(1 - 2\left\{\left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{t}{a}} - \left(\frac{3}{4}\right)^{4\frac{t}{a}} + \left(\frac{3}{4}\right)^{9\frac{t}{a}} - \left(\frac{3}{4}\right)^{16\frac{t}{a}} + \text{etc}\right\}\right)$$

qui peut être représentée par la courbe ci-dessous, voir fig. 1).

Dans cette formule, *a* est un temps constant qui dépend des conditions du circuit; il est invariable pour un même circuit uniforme, mais il prend une valeur particulière pour chaque câble donné. Il représente le temps qui s'écoule depuis le moment où le contact est établi à la station de transmission, jusqu'au moment où le courant commence à se manifester à la station

(1) Vol. III, p. 308.

(1) *Proc. R. S.*, 25 mai 1855.

de réception. Il est exprimé par la relation suivante : $a = Bkrl^2$, formule dans laquelle B représente une constante qui dépend principalement des unités employées, k la capacité par unité de longueur (mille ou nœud), r la résistance par unité de longueur, et l la longueur en milles ou nœuds.

Par conséquent, a représente la limite du nombre d'impulsions électriques qui peuvent être envoyées par seconde à travers un circuit quelconque.

Si a, par exemple, est égal à 0,196 seconde, comme pour le câble atlantique français de 1869 (1), dont la longueur est de 2584 nœuds, il sera impossible d'envoyer 5,1 courants par seconde à travers ce câble, mais il serait possible

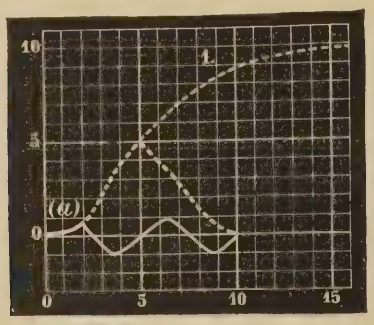


Fig. 1

d'en transmettre 5, ou de produire 2,5 inversions complètes du courant par seconde.

De plus, comme le nombre des inversions varie en proportion inverse du carré de la longueur, on voit que, si un câble semblable avait une longueur de 100 milles, on pourrait produire 1562 inversions.

Il convient de faire remarquer que ces formules sont indépendantes de la force électromotrice et de l'intensité du courant, et, par suite, le nombre des inversions qu'on peut produire à l'extrémité d'un fil est tout à fait indépendant de la force électromotrice initiale qui y est appliquée, et, par conséquent, de l'intensité finale du courant.

Mais le nombre des inversions dépend de la sensibilité de l'appareil sur lequel agissent les courants, car si l'on se sert d'un instrument qui indique encore un courant, indiqué par la ligne pleine, on peu transmettre deux courants par seconde, tandis que si l'on se sert d'un instrument qui ne soit actionné que par le courant limite indiqué par la ligne pointillée, on ne transmettra qu'un courant en deux secondes ; c'est à peu près le courant employé, en Angleterre, avec des relais délicats.

C'est là la raison des résultats discordants auxquels sont arrivés différents observateurs, qui ont essayé de mesurer la vitesse des courants électriques. C'est également la raison qui fait du téléphone un instrument de recherches si admirable, car il est sensible à la moindre variation des courants.

Avant de pousser mon étude plus loin, il était indispensable de déterminer très exactement la capacité inductive des fils aériens et souterrains, et c'est ce que nous avons fait, avec beaucoup de soins, et par un temps très sec sur différentes lignes, au moyen d'un galvanomètre à miroir de Thomson et d'un condensateur étalon.

Les résultats obtenus sont les suivants :

TABLEAU I

	Capacité par mille en microfarads	Résistance par mille en ohms de la B. A.
N° 7 1/2, fil de fer.....	0,0168	12.0
N° 12 1/2, fil de cuivre.....	0,0124	5.7
Fil recouverts de gutta-percha et placé dans des tuyaux en fer.	0,2500	23.0
Fils recouverts de gutta-percha et réunis en câbles.....	0,2900	10.25

La capacité peut être calculée d'après la formule suivante (également due à sir William Thomson) :

$$K = \frac{l}{2 \log (4\, h/d)}$$

dane laquelle d représente le diamètre du fil et h sa hauteur au-dessus du sol. En admettant

(1) Fleeming Jenkin, *Electricity and Magnetism*, p. 331.

$h = 500$ c. m. et $d = 0,243$ c. m., la capacité d'un fil n° 121/2 serait égale à 0,0113, au lieu de 0,0123 micrafarad par mille. Nous verrons tout à l'heure la raison de cette différence.

Il fallait, ensuite, déterminer la vitesse du courant à travers des fils de différentes longueurs, résistances et capacités.

Un distributeur multiple, comme nous en employons maintenant dans le département des télégraphes, permet d'y arriver avec beaucoup d'exactitude. A chaque station, un frotteur en communication avec le fil de ligne, se déplace à une vitesse déterminée sur un cercle divisé en 162 sections, ce frotteur, en passant sur les sections, établit ainsi le contact.

Si le frotteur fait trois tours par seconde, la durée de chaque contact sera de $\frac{1}{486}$ de seconde. Les deux distributeurs marchent d'une façon absolument synchronique, de sorte que les contacts ont lieu simultanément à chaque station, sur des sections correspondantes.

Les sections à l'une des stations peuvent être réliées à la pile et, à l'autre extrémité de la ligne, elles sont réliées avec un galvanomètre ou tout autre appareil sensible. Si le courant traversait le fil instantanément, il se manifesterait sur la même section, en même temps au galvanomètre; mais le courant est toujours retardé et le retard, ou la valeur de a, peut être mesuré, de même qu'on peut dessiner la courbe d'arrivée et de cessation du courant, en observant les indications du galvanomètre, pour les sections successives.

Le tableau suivant contient le résumé d'un grand nombre d'expériences faites sur différents points, et sur différentes lignes, pour déterminer par des observations le rapport qui existe entre la vitesse du courant, la distance limite qui permet l'audition, la longueur de la ligne ainsi que sa résistance et sa capacité. On a observé le maximum de l'intensité du courant ou le sommet de l'onde : il était de 0,003 ampère.

Voir, page 504, le tableau indiquant le résultat des expériences.

On voit que la distance limite à laquelle il est possible de correspondre varie en proportion inverse avec la vitesse du courant, et que cette dernière varie inversement au produit de la résistance et de la capacité totale du circuit. On peut donc dire que le nombre d'inversions qu'il est possible de produire à travers un circuit varie en proportion inverse du produit de la résistance totale (R) et de la capacité totale (K) ou que la distance limite :

$$S = K R \times \text{constante} \qquad (1)$$

Ceci n'est qu'une autre forme de la loi de Thomson, car $K = lK$ et $R = lr$, et par suite :

$$S = Kr\, l^2 \text{ constante}$$

On voit que, lorsque la vitesse du courant était de

0,001'	la transmission de la parole était		parfaite.
0,002'	—	—	bonne.
0,003'	—	—	satisfaisante.
0,004'	—	—	difficile.

En donnant à l'équation (1) la forme suivante :

$$A = K\, r x^2 \qquad (2)$$

et en donnant à A les valeurs suivantes :

Cuivre (aérien)	15000
Câbles et fils souterrains	12000
Fer (aerien)	10000

nous pouvons déterminer la distance limite pour la transmission de la parole pour toutes espèces de fils, puisqu'on a :

$$x^2 = A/Kr$$

Prenons par exemple le cuivre, pour lequel la constante est de 15,000, et supposons un fil ayant une résistance de 1 ohm par mille et une capacité de 0,0124 par mille, nous aurons :

$$x^2 = \frac{15000}{0,0124}$$

$$x = 1100$$

comme limite de la transmission de la parole sur ce fil.

Ligne	Observations		Longueur en milles	Produit de la résistance totale par la capacité totale	Temps en secondes (vitesse du courant)	Appareils téléphoniques et remarques
Nos 142 et 144, Denham et Atherstone.	Chemin de fer de New West Coast	fil nu.....	90	2247.0	0,0007 calculé.	Téléph. Gower-Bell, bonne audition.
		couvert....	2.5			
Londres et Denham.	Souterrain.....		21	2963.5	0,0009 calculé.	Idem. Idem.
Nos 142 et 144, Denham et Stafford.	New West Coast	nu.....	119	4715.7	0.0015 calculé.	Téléphone Gower-Bell, très-bonne audition.
		couvert....	5			
South Wales.	.....	nu.....	79	5680.0	0.0016 calculé.	Téléphone Gower-Bell, audition satisfaisante.
		couvet.....	1.25			
Réseau téléphonique de Newcastle, Warkworth à Stockton.	Par Newcastle Sunderland et West Hartlepool	nu.....	63.831	5817.6	0,0116 calculé.	Téléphone Gower-Bell, 5 électro-aimants intermédiaires, en circuits dérivés de 1000 homs de résistance. Audition satisfaisante.
		couvert....	12.039			
Nos 142 et 144, Londres et Towcester.	New West Coast	nu.....	50	7341.8	0,00234 calculé.	Téléphone Gower-Bell, audition faible, mais cependant suffisante pour soutenir une conversation.
		couvert....	21			
Nos 142 et 144, Denham et Nantwich.	Idem.	nu.....	146	7612.1	0,0054 calculé.	Téléphone Gower-Bell, audition faible, cependant suffisante pour soutenir une conversation,
		couvert....	7			
Londres à Denham (avec boucle additionnelle entre Denham et Hanwell).	Souterrain.....		39	10221.0	0,0032 calculé.	Téléphone Gower-Bell, conversation distincte, mais à la limite elle devient difficile.
Nos 142 et 144, Denham à Warrington.	Chemin de fer du New West Coast	nu.....	172	10399.16	0,0038 calculé.	Perception de la voix mais impossibilité de soutenir une conversation.
		couvert....	8			
Nos 142 et 144, Londres à Atherstone.	Idem.	nu.....	90	12511.2	0,004 calculé.	Perception de la voix.
		couvert....	23.5			
Nouveau câble irlandais.	Câble.....	nu.....	25	12587.4	0,00412 observé	Téléphone Berliner, il est juste possible de parler.
		couvert....	62.9			
District de Newcastle.	.....	nu.....	30	12640.0	0,00412 calculé.	Exige de très bons téléphones et une voix très-distincte.
		couvert....	30			
Cuivre. Londres à Nevin (ligne de terre pour le nouveau câble irlandais).	Par Worcester et Shrewsbury	nu.....	251.18	15771.5	0,0035 observé (1)	Téléphone Berliner.
		couvert....	18.5			
N° 11, Bourse de Londres à la Bourse de Liverpool (fil de fer n° 8, 4,2 m. m.)	Par Londres et chemin de fer du New West..	nu.....	199.014	16417.8	0,005 observé	Téléphone non essayé.
		couvert....	7.243			

N. B. La vitesse est calculée au moyen de la formule $t = 32 \times 10^{-8}$ K. R

(1) La constante pour le cuivre est 22×10^{-8}

Le fil employé entre Paris et Bruxelles a une résistance de 2,4 ohms et une capacité d'environ 0,012 microfarad par kilomètre et, comme la distance n'est que de 200 milles, la transmission doit être excellente.

De plus, d'après la différence entre les observations et le calcul, il y a lieu de croire que la capacité statique sur les lignes du continent et de l'Amérique est moindre que celle des lignes anglaises, à cause des fils de terre employés sur tous les poteaux en Angleterre, et par conséquent, la distance serait plus grande.

Prenons un câble transatlantique.

$$x^2 = \frac{12000}{3 \times 0{,}43}$$

$$x = 96$$

J'ai constaté en 1878 (1) qu'il était à peine possible de parler à travers 100 milles d'un câble de ce genre, ce qui correspond parfaitement avec les calculs.

De plus, d'après la loi des carrés, avec 100 milles d'un câble transatlantique, on devait pouvoir transmettre 1562 inversions, si on en transmet 2,5 avec 2584 milles, et ce nombre représente probablement la moyenne des vibrations sonores émises par la voix humaine, quand la transmission par téléphone commence à devenir difficile, par suite de la perte des harmoniques et des notes élevées.

On peut encore faire ressortir une autre conséquence intéressante de la loi de Thomson : la vitesse de transmission entre les deux stations est exactement la même, soit que la ligne se compose d'un seul fil complété par la terre, soit d'un fil double établissant un circuit métallique complet, et par conséquent la distance à laquelle on peut parler est absolument la même pour un fil simple que pour un fil double.

La raison en est que, tout en doublant la résistance dans le dernier cas, nous diminuons de moité la capacité totale, et le produit reste par conséquent le même.

La différence entre le cuivre et le fer provient évidemment de la self-induction, ou de l'inertie électro-magnétique de ce dernier métal, et la différence entre les fils de cuivre aériens et les fils souterrains provient de la décharge rapide de la ligne à la terre, par suite de l'isolation imparfaite dans le premier cas; avec des fils recouverts de gutta-percha, la décharge, au contraire, ne peut avoir lieu qu'à l'extrémité de la ligne.

Il est également évident qu'il n'y a aucune difficulté à faire fonctionner des téléphones avec des fils souterrains, même d'une longueur de 50 milles, et, il serait préférable d'avoir une communication souterraine avec des fils de cuivre appropriés, entre Londres et Brighton, au lieu d'employer des fils de fer sur les poteaux télégraphiques du chemin de fer, à cause de l'absence de toutes perturbations extérieures, dans le premier cas.

L'équation (2) permet de calculer facilement la limite de fonctionnement pour différents fils, et le tableau suivant indique cetta limite pour divers fils recouverts de gutta-percha.

TABLEAU III

Numéros	k	r	Limite de l'audition
$\frac{20}{11}$	0,270 m. f.	45.00 ohms.	32 milles.
$\frac{18}{7\ 1/2}$	0,250 —	23.00 —	46 —
$\frac{16}{4}$	0,240 —	13.00 —	62 —
$\frac{107}{150}$ lbs	0,290 —	10.25 —	64 —

N. B. — Le nombre supérieur indique le numéro de la jauge, et le nombre inférieur, celui de la gutta-percha.

W.-H. PREECE

(1) *Philosophical Magazine*. Avril, 1878.

SUR

UN COMPTEUR DE TEMPS

POUR

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Nos lecteurs connaissent les différents types de compteurs employés dans les installations d'éclairage électrique par le système Edison [1].

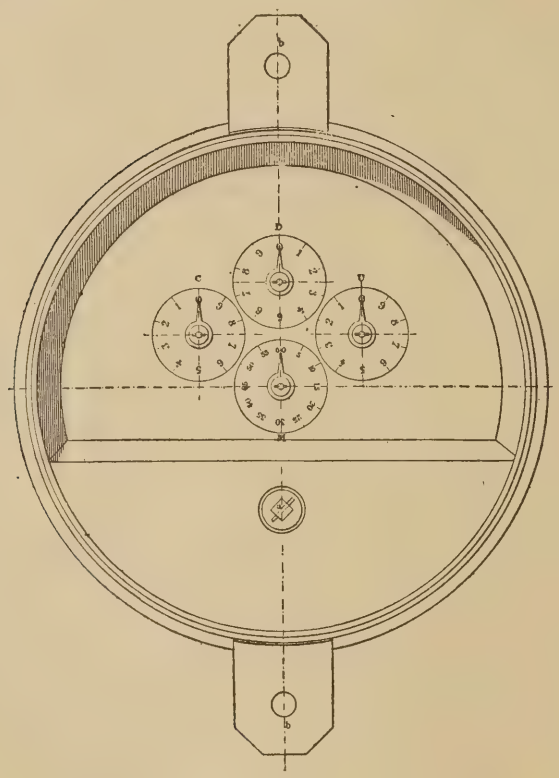


Fig. 1

Ces appareils, variables comme forme, se ressemblent tous par le principe, en ce sens qu'ils sont tous destinés à enregistrer la quantité d'électricité qui s'est écoulée pendant un temps donné, entre deux points d'un circuit.

Il semble, d'ailleurs, parfaitement logique de procéder ainsi, car le système Edison étant basé sur le maintien d'un potentiel constant aux divers points du circuit, la quantité d'électricité qui s'est écoulée entre deux points de ce circuit, sert de mesure à l'énergie dépensée entre ces mêmes points.

Le contrôle est des plus faciles, et l'abonné paie proportionnellement à la quantité d'énergie électrique qui lui est fournie.

M. A. Aubert, de Lausanne, a imaginé de faire autrement, et de substituer aux compteurs de quantité, des compteurs de temps.

L'appareil breveté par M. A. Aubert est extrêmement simple; il se compose essentiellement d'un électro-aimant qui déclanche un mouvement d'horlogerie, et d'un compteur de tours.

La figure 1 représente l'appareil vu de face. Le

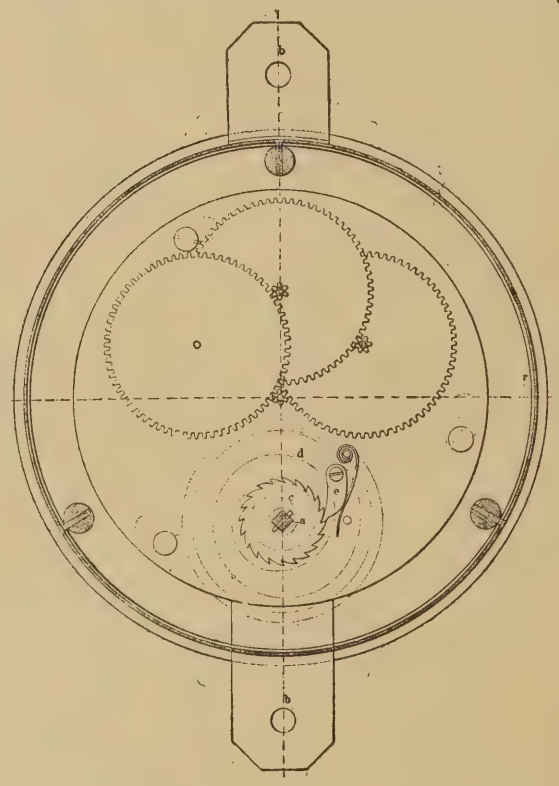


Fig. 2

cadran M marque les minutes; le cadran U, les heures; le cadran D, les dizaines d'heures; et le cadran C, les centaines d'heures; *a* est le carré qui sert à remonter le mouvement d'horlogerie. Les plaques *b*, *b*, reliées à la boîte *r* servent à fixer le compteur en tout endroit convenable.

La figure 2 est une vue de l'appareil suivant une coupe faite par le plan XX de la figure 4; elle montre la roue à rochet *c*, avec son cliquet *e*, fixée sur l'axe terminé par le carré *a*. Le cylindre *d* contient le grand ressort transmettant le mouvement aux pignons et aux roues d'engrenage qui commandent les aiguilles des quatre cadrans.

La figure 3 est une vue en coupe suivant le

(1) Voir *La Lumière Électrique*, t. XV, p. 83.

plan YY de la figure 4, qui montre la disposition des engrenages et l'ancre *g* pourvue d'un balancier *h* qui sert de régulateur au mouvement.

La figure 4 est une vue latérale du mécanisme du compteur : O est une plaque émaillée qui porte les cadrans ; N, un verre qui protège les aiguilles.

Sur le côté de la boîte est monté un électro-aimant *i* (fig. 3) dont l'armature *f* pivote autour de l'axe K, et vient, sous l'action du ressort à boudin *l*,

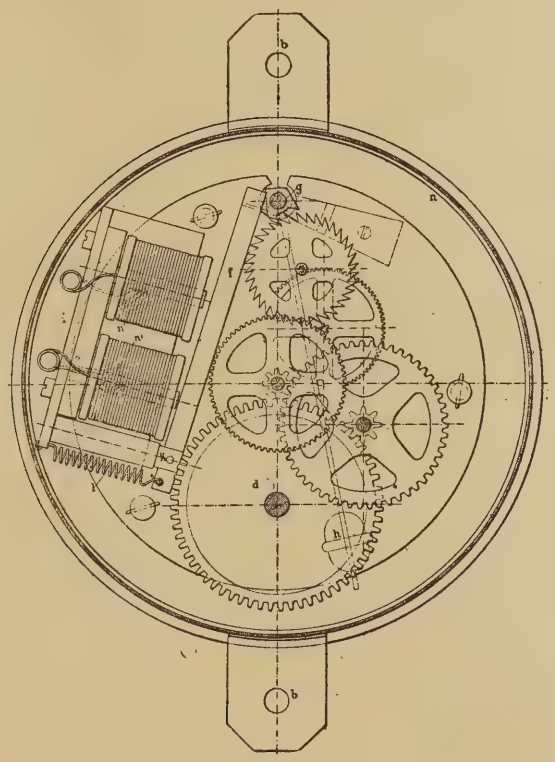


Fig. 3

appuyer sur l'ancre *g* pour arrêter le mouvement.

Dès qu'un courant traverse l'électro-aimant *i*, cette armature se trouve attirée contre les bobines, et l'ancre devenant libre, le balancier qui était maintenu dans une position oblique, se met de lui-même en mouvement.

La plaque *m* (fig. 4) placée sur la platine de derrière est faite en un carton durci, de composition spéciale, qui constitue un bon isolant. Sur cette plaque se trouvent les vis *n*, *n'* auxquelles aboutissent les fils *q* et *q'* de l'électro-aimant. C'est à ces vis qu'on attache les fils par lesquels passe le courant dont on veut mesurer la durée. A cet effet, la boîte *r* dans laquelle est logé tout le mécanisme, est munie de deux trous pour le passage des fils, et sa partie postérieure *s* peut s'enlever facilement pour permettre d'établir la communication.

Cet appareil se place en tension avec la lampe qu'il est destiné à contrôler. Lorsqu'une série de lampes dépend d'un seul commutateur, un seul

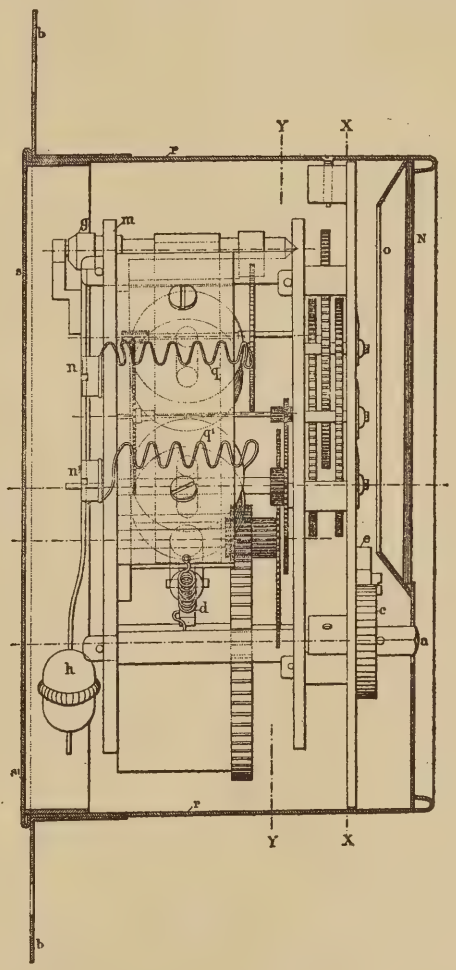


Fig. 4

compteur suffit pour toute la série ; il est placé en tension avec l'une quelconque des lampes.

On ne saisit pas immédiatement l'utilité qu'il peut y avoir à modifier l'état de choses existant et à adopter ce nouveau genre de contrôle. Aussi n'est-tl pas superflu de reproduire ici les considérations qui ont amené l'inventeur à breveter l'appareil que nous venons de décrire.

« L'avantage incontestable, dit M. A. Aubert, des compteurs de temps sur les compteurs de quantité est de permettre aux Compagnies de bénéficier

de tous les perfectionnements apportés aux lampes.

« Les lampes actuelles à 100 volts prennent 0,8 d'ampère. En supposant une nouvelle lampe ne prenant que 0,4 (on arrive déjà à 0,6) les compteurs de quantité indiqueront une dépense de moitié seulement pour le même nombre de lampes. Les frais de force motrice, seront diminués, il est vrai, mais les frais généraux restant toujours les mêmes, il y aura donc perte réelle pour la Compagnie. En prenant le chiffre de 0,09 fr. payé par un abonné pour une lampe de 16 bougies, et en décomposant le chiffre comme suit:

« 0,03 fr. pour force motrice, 0,03 fr. pour le remplacement de la lampe, 0,03 fr. pour frais généraux et bénéfices, si l'on remplace la lampe de 0,8 ampère par une de 0,4, le compteur de quantité n'indiquera plus que la moitié; l'abonné n'aura donc à payer que 0,045 fr., soit 0,015 fr. pour force motrice, 0,03 pour la lampe, 0,000 pour frais généraux et bénéfices. »

Les avantages de ce compteur ne sont pas tels que M. Aubert se plaît à les décrire; ils seraient réels, en effet, si une compagnie d'éclairage munie de cet appareil, était pourvue d'un monopole qui lui permît d'imposer ses conditions, quelque dures qu'elles soient, à ses abonnés. Mais jusqu'ici la concurrence est libre, et vienne un perfectionnement qui restreigne de moitié la consommation d'énergie électrique pour un même éclat des lampes, une compagnie rivale s'établira qui fera bénéficier le public de l'économie réalisée.

Mais même en admettant que la Compagnie fût assez sage pour faire participer ses abonnés aux progrès effectués, il nous semble que le compteur de M. Aubert présente certains inconvénients dont les compteurs actuellement en usage sont exempts. Il faut, comme nous l'avons dit plus haut, un compteur par lampe, si l'on veut que toutes les lampes soient indépendantes les unes des autres, ce qui est le cas le plus fréquent dans les installations privées et ce qui nécessiterait un nombre exagéré d'appareils enregistreurs. Le cas d'un groupe de lampes s'allumant et s'éteignant à la fois est relativement rare et, même dans cette hypothèse, comment tiendra-t-on compte des lampes accidentellement brisées dans l'intervalle de deux visites du contrôleur? M. Aubert ne nous le dit pas.

B. Marinovitch

SUR LA MESURE PRATIQUE

DES FAIBLES RÉSISTANCES

La mesure des faibles résistances a une importance capitale dans les usines où l'on construit les machines dynamo-électriques, puisque la résistance totale de l'armature de certaines machines n'atteint qu'une fraction d'ohm. Et cependant, dans les usines que nous avons eu l'occasion de visiter, nous n'avons que très rarement trouvé une installation répondant à ce besoin; le plus souvent, au contraire, les ingénieurs chargés du service des mesures se plaignent des difficultés variées qu'ils rencontrent dans l'évaluation des faibles résistances. Il leur arrive même le plus

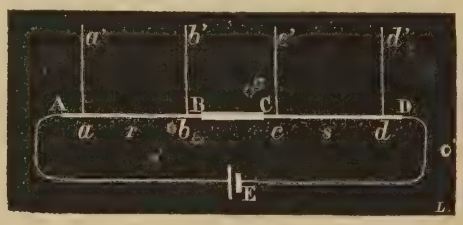


Fig. 1

souvent de ne pas retrouver les mêmes valeurs numériques pour deux opérations exécutées à deux époques différentes.

Pour évaluer de faibles résistances, les deux meilleurs méthodes sont : celle du pont double de Thomson et celle du galvanomètre différentiel.

Ces deux méthodes reviennent en principe à établir un courant fourni par une pile E dans les fils AB et CD (fig. 1), dont on compare les résistances, et à mesurer les différences de potentiel qui existent entre *a* et *b*, d'une part, et entre *c* et *d*, d'autre part.

On pourrait employer ici des méthodes électrométriques, en disposant d'un électromètre sensible, comme l'électromètre capillaire de M. Lippmann par exemple, car cet électromètre permet d'évaluer une différence de potentiel de $\frac{1}{10000}$ de volt. On voit immédiatement que dans cette méthode les résistances des contacts en *a*, *b*, *c* et *d* n'interviennent pas; quant aux contacts en A, B, C et D, ils n'ont évidemment aucune influence sur la mesure.

Au lieu de faire la mesure de cette manière, on remplace l'électromètre par un galvanomètre et on dispose l'expérience de façon à ce que le galvanomètre reste au zéro, lors du passage du courant.

I. *Pont double de Thomson.* — Nous avons insisté sur la théorie de ce pont dans ce journal [1]; nous n'y reviendrons pas et nous nous bornerons aujourd'hui à l'étudier au point de vue de la partie purement pratique, et plus particulièrement de l'application qu'on en peut faire aux mesures dans une usine.

Soit AB (fig. 2), le fil dont on désire mesurer la résistance: il suffit d'établir ce fil en circuit direct avec un fil CD, dont la résistance est exactement connue : la résistance intermédiaire BC, ainsi que celle des contacts ABC et D doivent être faibles, bien qu'elles n'interviennent pas directement. Le

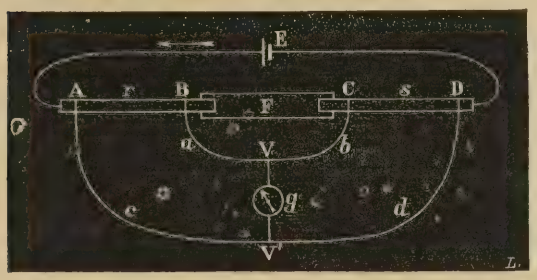


Fig. 2

plus simple est de prendre pour CD un fil tendu et de faire glisser le point D. Si la résistance AB est en cuivre, on prendra pour CD un fil de maillechort dont le diamètre soit environ 1,5 fois celui du fil de cuivre : pour obtenir, dans ces conditions, en CD une résistance équivalente à AB, il faut que la longueur du maillechort soit environ 10 fois moindre que celle du fil de cuivre. On a encore cet avantage, qu'avec ce dispositif l'échauffement produit par le passage du courant aura le même effet sur les deux fils, c'est-à-dire que l'augmentation de résistance est à peu près la même dans le même temps.

Comme source d'électricité, le plus simple est de prendre un ou deux accumulateurs : on intercalera une résistance pour diminuer l'intensité du courant.

On peut calculer, comme nous l'avons fait dans l'article cité, la limite de l'intensité qu'on peut employer pour que l'échauffement qu'éprouve le fil par le passage du courant, n'augmente sa résistance que d'une fraction négligeable.

Avec le dispositif dont nous parlons, les résistances des contacts en ABC et D n'interviennent que par rapport aux résistances *abcd*, et à celle du galvanomètre; les résistances des contacts, qui relient les fils principaux entr'eux, n'interviennent pas dans la mesure, de bons contacts ordinaires suffisent parfaitement.

La sensibilité de la méthode dépend principalement de la sensibilité du galvanomètre; nous avons discuté cette question dans l'article cité, et nous sommes arrivé à la conclusion qu'on a avantage à prendre un galvanomètre à faible résistance.

Nous avions pris un galvanomètre Thomson à faible résistance, et nous avions mesuré la résistance d'une barre de fer de 15 centimètres de long et 8 millimètres de diamètre. Nous avions trouvé, dans ce cas, que la résistance est égale à 0,000444 ohm, la méthode permettant d'estimer un millionième d'ohm.

Dans une usine, il est très difficile de se servir d'un galvanomètre Thomson, à cause de la présence de masses de fer et d'électro-aimants.

L'emploi du galvanomètre Deprez d'Arsonval est tout indiqué dans ce cas et, comme on le verra par ce qui va suivre, ce galvanomètre est bien assez sensible pour tous les besoins de la pratique. Comme ce galvanomètre est à oscillations très rapides et apériodique, on peut effectuer la mesure très rapidement, et par conséquent employer une source d'électricité plus forte, ce qui augmente la sensibilité de la méthode.

Avant d'indiquer les résultats de mesures réalisées sur une machine Gramme et faites à l'aide de la méthode en question, nous allons nous occuper d'une autre méthode, plus simple peut-être et basée sur l'emploi du galvanomètre différentiel.

II. *Méthode du galvanomètre différentiel.* — Cette méthode consiste simplement à attacher les deux fils d'une des bobines du cadre en A et B (fig. 1) et les fils de l'autre bobine en C et D; lorsque l'équilibre existe, on aura $r = s$. Cette méthode très simple et très commode a été surtout employée par M. Kohlrausch [1], et si son l'application

(1) Voir *La Lumière Électrique*, t. XVII, p. 3, 1885.

(1) Kohlrausch, *Wied. Ann*, t. XX, p. 76, 1883.

reste assez restreinte, cela tient uniquement à la difficulté qu'on éprouve à se procurer des galvanomètres qui soient bien différentiels.

Aussi allons nous, d'abord, donner quelques détails relativement à un nouveau galvanomètre différentiel.

Galvanomètre différentiel apériodique (fig. 3). — M. Carpentier a eu l'idée de rendre différentiel le galvanomètre apériodique Deprez-d'Arsonval, bien connu de nos lecteurs. A cet effet, M. Carpentier a enroulé le cadre en double, de façon à former deux bobines distinctes : la suspension

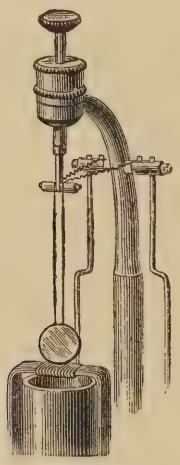


Fig. 3

est bifilaire, au lieu d'être unifilaire, comme dans les autres galvanomètres du même genre.

On a réalisé ainsi deux qualités très précieuses d'un galvanomètre, celle d'être différentiel et celle d'être apériodique.

Nous n'avons pas à insister ici sur les avantages sérieux que présente un galvanomètre différentiel pour les mesures électriques; on peut, en effet, remplacer presque toujours le dispositif du pont de Wheatstone par le dispositif beaucoup plus simple du galvanomètre différentiel, et effectuer aussi facilement la mesure des résistances, des forces électromotrices, des capacités, des coefficients de self-induction, etc; nous nous bornerons actuellement à indiquer son emploi pour la mesure des faibles résistances.

Le galvanomètre que nous avons examiné est bien réellement différentiel, ce qu'on constate en prenant la sensibilité des deux moitiés de l'appareil. On ne constate ainsi aucune différence. On n'arrive à constater une légère différence, qu'en faisant traverser les deux bobines par un courant assez fort : ainsi la différence d'action est d'environ $\frac{1}{700}$, valeur tout à fait négligeable dans les applications industrielles; l'approximation de $\frac{1}{100}$ étant presque toujours suffisante. Dans le galvanomètre employé par M. Kohlrausch, la différence d'action des deux moitiés de la bobine était de $\frac{1}{200}$, différence près de 3 ou 4 fois supérieure à celle que présente le galvanomètre réalisé par M. Carpentier.

Pour procéder à un exemple pouvant intéresser certains de nos lecteurs, nous avons mesuré à

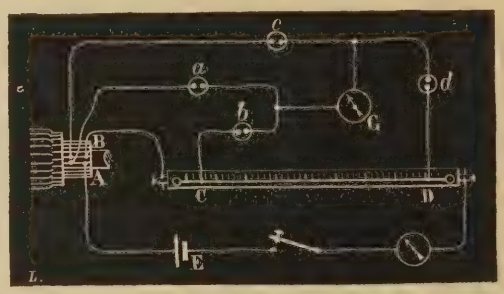


Fig. 4

l'aide des deux méthodes précédentes, pont double et galvanomètre différentiel, les résistances, section par section, de l'anneau d'une machine Gramme, type d'atelier, et cela sans enlever l'anneau de la machine.

La résistance de chaque section est relativement assez forte (0,03 ohm environ), mais il va sans dire que les mesures eussent été aussi faciles sur un anneau de résistance beaucoup plus faible; nous avons pris la machine Gramme, tout simplement parce que nous en avions une à notre disposition.

L'anneau se compose de 60 sections et comme le fil est continu, on mesure, en réalité, la résistance réduite d'une section, et des 59 sections qui restent. Il faudrait donc augmenter la résistance trouvée de $\frac{1}{59}$; c'est-à-dire d'environ 2 o/o. Dans les tableaux qui suivent, on n'a pas fait cette correction, qui est d'ailleurs facile à effectuer.

On a comparé la résistance d'une section à un fil tendu droit et dont le mètre avait une résistance de 0,0430 ohm. Avec le pont double de Thom-

son (fig. 4) on a employé un galvanomètre Deprez-d'Arsonval à electro-aimants (fig. 5) ; ce galvanomètre, étant plus sensible que le galvanomètre ordinaire, offre quelques avantages dans ces mesures; le courant dans les inducteurs n'a pas besoin d'être absolument constant, puisqu'il s'agit d'une méthode de réduction à zéro.

Comme source d'électricité, on a employé

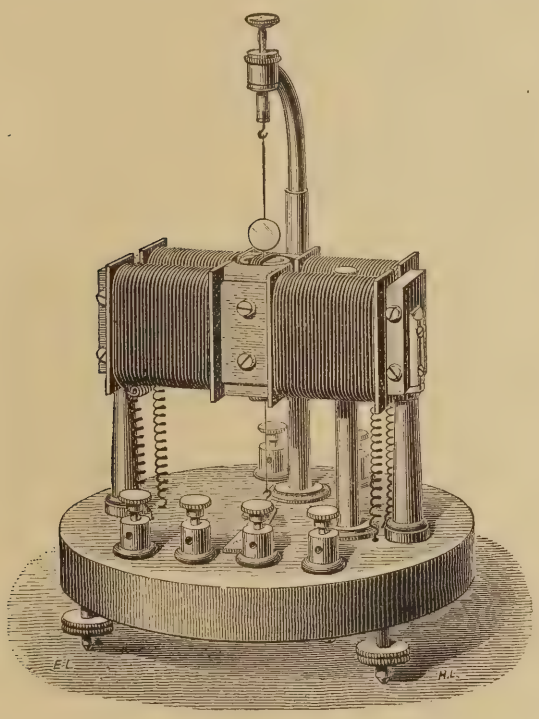


Fig. 5

un accumulateur ; un ampèremètre placé dans le circuit permettait de se rendre compte de l'intensité du courant; intensité qui était d'environ 3 ampères. Dans ces conditions, un déplacement d'un millimètre du point D correspondait à un déplacement d'environ 2 millimètres de l'image sur l'échelle transparente, les résistances *a b c* et *d* étant égales entre elles et égales à 7,5 ohms.

On avait réalisé les contacts sur le collecteur de l'anneau par des fils de cuivre formé de plusieurs torons; ces fils étaient pressés contre le collecteur par une bande de caoutchouc. On s'assurait que la mesure était bonne par ce fait que deux mesures distinctes donnaient le même résultat, après avoir refait les contacts.

Le même dispositif a été conservé pour la mesure par le galvanomètre différentiel (fig. 6), seulement on n'a plus besoin des résistances *a b c* et *d*, ce qui rend le montage bien plus rapide.

On a constaté que, dans ce cas encore, un déplacement de 1 millimètre du point D, correspond à un déplacement très sensible de l'image sur l'échelle.

Le tableau suivant contient le résultat des expériences. La première colonne indique le numéro d'ordre de la section ; les deux suivantes indiquent les longueurs, en millimètres, lues directement sur le fil CD par les deux méthodes indiquées ; les deux colonnes suivantes contiennent les valeurs des résistances réduites en ohms et la dernière colonne

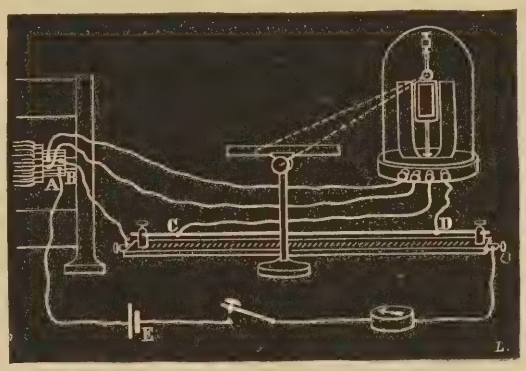


Fig. 6

indique la différence des deux mesures. Comme on le verra, on trouve presque toujours le même résultat, bien que tous les contacts aient été changés.

	Longueurs en millimètres		Résistances en ohms		
Nos	Pont double	Galvanomètre différentiel	Pont double	Galvanomètre différentiel	Différence
1	708	712	0,0304	0,0306	0,0002
2	707	710	304	305	1
3	705	709	303	305	2
4	762	760	328	327	1
5	708	708	304	304	0
6	710	718	305	309	4
7	707	717	304	308	4
8	760	758	327	325	2
9	712	711	306	306	0
10	731	732	314	315	1
11	707	709	304	305	1
12	752	751	323	323	0
13	709	702	305	302	3
14	710	710	305	305	0
15	710	706	305	304	1
16	759	758	326	326	0
17	715	715	307	307	0
18	715	[illegible]	307	306	1

19	720	720	0,0310	0,0310	0
20	710	707	305	304	1
21	720	716	310	307	3
22	765	766	330	329	1
23	708	707	304	304	0
24	714	713	307	306	1
25	759	755	326	325	1
26	717	720	308	310	2
27	718	716	309	307	2
28	764	763	328	328	0
29	710	712	305	306	1
30	707	710	304	305	1
31	697	700	300	301	1
32	757	756	326	325	1
33	690	689	297	296	1
34	700	702	301	302	1
35	695	701	299	301	2
36	787	789	338	339	1
37	699	700	301	301	0
38	700	700	301	301	0
39	705	703	303	302	1
40	755	756	325	325	0
41	696	698	299	300	1
42	704	705	303	303	0
43	705	706	303	303	0
44	753	753	324	324	0
45	705	705	303	303	0
46	700	701	301	301	0
47	704	706	303	304	1
48	752	752	323	323	0
49	705	705	303	303	0
50	710	712	306	306	0
51	703	704	302	303	1
52	795	800	342	344	2
53	705	704	303	303	0
54	702	705	302	303	1
55	720	721	310	310	0
56	706	708	303	304	1
57	749	750	322	322	0
58	711	710	306	305	1
59	702	705	302	303	1
60	705	708	303	304	1

On constate, en consultant ces tableaux, que de quatre en quatre sections, la résistance augmente dans une proportion notable, ce qui tient au mode d'enroulement. Il est curieux de pouvoir montrer par des mesures directes ces petites différences qui sont une conséquence de la fabrication.

Il nous reste à remercier MM. Koch et Henrique, ingénieurs des Arts et Manufactures, qui ont bien voulu nous assister dans ces mesures.

P.-H. Ledeboer

DÉFINITIONS ET DÉSIGNATIONS

EN ÉLECTROTECHNIQUE

On peut encore disserter longtemps sur l'uniformité du langage électrique, l'accord universel est loin d'être établi. Un pas important vers l'unité du langage a été fait en 1881 par le Congrès de Paris, qui a rendu définitif et universel l'emploi du système C. G. S. Ce travail fut complété en 1884 par la réunion d'un nouveau Congrès à Paris, où l'ensemble des définitions des unités C. G. S. et des unités pratiques fut nettement arrêté. Si l'unité de lumière définie par le Congrès ne s'est pas rapidement répandue, cela tient à ce que sa réalisation pratique n'est pas à la portée de tous.

L'œuvre d'unification ne devait pas s'arrêter en si bon chemin. Combien de fois, dans les ouvrages scientifiques ou d'applications pratiques, trouve-t-on la même grandeur physique désignée sous des noms différents, ou bien encore l'emploi d'une même expression pour désigner des choses toutes différentes. Il en résulte un accroissement de difficultés, et des confusions non seulement pour les personnes incomplètement initiées à ces notions, mais aussi pour les adeptes même de cette branche nouvelle de l'art de l'ingénieur.

Les effets de ces défauts se font sentir encore davantage à la lecture des publications étrangères.

C'est ainsi qu'en Allemagne on désigne quelquefois, sous le nom d'*anker* mais plus rarement sous le nom d'*armatur*, cette partie d'une machine dynamo-électrique que nous appelons en général, en France, l'*induit*. Le pôle nord d'une aiguille aimantée suspendue librement est celui qui se dirige vers le nord géographique de la terre; en France et pour quelques auteurs anglais, ce même pôle est appelé pôle sud.

Entre les électriciens d'un même pays, ce que l'on nomme force électromotrice est appelé par un autre différence de potentiel, par un troisième tension et même différence de tension.

Notre confrère Ruhlmann, de l'*Elecktrotechnische Zeitschrift* (1), rapporte un exemple plus remarquable encore de cette confusion. Le mot *polarisation*, emprunté à l'optique, où il possède

(1) Septembre 1886, p. 360.

un sens non équivoque, sert également à désigner le développement de la force contre-électromotrice des éléments galvaniques, et aussi cette condition essentiellement différente de substances mauvaises conductrices, déterminée par l'influence simultanée de quantités d'électricité opposées.

En allemand, le mot induction accolé au mot fil, par exemple, suivant la formation des mots composés dans cette langue, prête aussi à l'équivoque; c'est par le sens seul de la phrase qu'on apprend si on a affaire à un fil induit ou à un fil inducteur.

Les exemples pourraient être multipliés.

Dans sa séance du 5 novembre 1884, la Société internationale des Électriciens, à la suite d'une motion de M. Hospitalier, qui avait fait une communication sur cette question, institua une commission chargée de l'étudier et de présenter un prompt rapport. Feu M. Blavier en était président. La Société des Électriciens anglais s'en occupa également de son côté. Un de ses membres les plus actifs et les plus distingués, M. Jamieson, présenta à la Société le résultat de ses travaux, dans la séance du mois de mai 1885 (1). Une discussion s'ouvrit à laquelle la commission de la Société internationale des Électriciens fut invitée à prendre part. Celle-ci y fut représentée par son secrétaire, M. Hospitalier, qui s'exprima à peu près en ces termes : « La commission des *notations électriques*, présidée par M. Blavier, a accompli une partie de sa tâche, celle relative aux abréviations, notations et symboles. Elle abordera bientôt la seconde partie, celle qui a trait aux définitions et aux conventions. » Il esquissa à grands traits l'avant-projet de la commission, comme suit :

Dans toutes les grandeurs physiques dont on fait usage, on a :

1° La grandeur physique elle-même, en dehors des unités qui servent à la mesurer.

2° L'unité C. G. S., qui sert de mesure à cette grandeur. Étant admis en principe l'adoption du système C. G. S.

3° L'unité ou les unités pratiques qui ont, en général, un nom spécial pour chaque espèce de grandeur et sont un multiple ou un sous-multiple *décimal* de l'unité C. G. S., excepté pour le temps et les angles.

4. Enfin, des multiples et des sous-multiples décimaux de ces unités pratiques, multiples d'un usage courant.

La commission avait aussi décidé d'adopter toujours une majuscule pour désigner la grandeur physique; une minuscule pour désigner l'unité C. G. S., lorsqu'elle a un nom spécial; une petite lettre pour l'abréviation de chaque unité pratique, et enfin des préfixes, *toujours les mêmes*, pour les multiples et les sous multiples décimaux des unités pratiques.

Ainsi, par exemple, le travail s'indiquerait par la lettre W (du mot anglais *work*), l'unité C. G. S. est l'erg, que l'on écrirait erg, sans abréviation, le mot étant très court; les unités pratiques seraient le kilogrammètre (kgm), le grammètre (gm), etc. Les multiples seraient le meg-erg, la tonne-mètre (t-m), etc.

Pour la puissance, nous aurions la lettre A (du mot anglais *activity*), l'unité C. G. S. serait l'erg par seconde (erg : s), les unités pratiques seraient le kilogrammètre par seconde (kgm : s), le cheval-vapeur (ch-v), le watt ou volt-ampère (v-a).

Les propositions de M. Jamieson ont été en grande partie approuvées; quelques critiques, cependant, se sont élevées au cours de la discussion, qui font que la question demeure encore ouverte aux améliorations. On peut les résumer de la manière suivante, les expressions adoptées étant en regard des symboles ou notations représentatifs :

(*a*) *Unités électriques pratiques*

Résistance totale d'un circuit	R
— intérieure d'une source de courant	r_i
— des parties separées d'un circuit	r_1, r_2, r_3, etc.
— spécifique	ρ
1 ohm	ω
1 mégohm	Ω
Intensité du courant	C
La grandeur de 1 ampère	A
1 milliampère	*a*
Force électromotrice (F. E. M.)	E
Grandeur d'un volt	*v*

(1) *Journal of the Society of Telegraph Engineers and Electricians*, vol. XIV, p. 297.

Capacité	K
Constante d'induction spécifique	σ
1 farad	Φ
1 microfarad	φ
Quantité d'électricité	Q
1 coulomb	C
Travail électrique (volt coulomb)	vC
Effet électrique (volt ampère, watt en une seconde)	W
Force en chevaux	HP

(*b*) *Magnétisme*

Pôle d'un aimant dirigé vers le nord géographique	N
Le pôle opposé	S
Force d'un pôle, quantité de magnétisme	m
Distance des pôles d'un aimant	l
Moment magnétique	M = $m.l$
Intensité d'aimantation	J
— de la composante horizontale du magnétisme terrestre	H

(*c*) *Mesures électriques*

Galvanomètre et sa résistance	G
Résistance du shunt d'un galvanomètre	s
Batterie et résistance intérieure de la batterie	B.

En ce qui a trait aux machines dynamo, les désignations suivantes sont proposées :

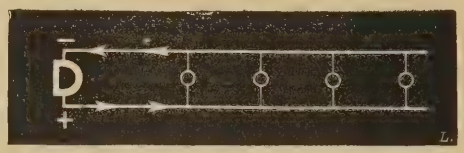
La machine électrique elle-même	D
La borne positive	+T
— négative	—T
L'électro-aimant	EM.
Aimant formant le champ	FM.
Indicateur du courant (ampèremètre)	AM
— de tension (voltmètre)	MV
Intensité lumineuse, en bougies, d'une lampe	*c.p.*
Résistance de l'induit	R_a
— de l'aimant formant le champ	R_m
— du circuit extérieur	R_e
Intensité dans l'induit	C_a
— dans les spires de l'aimant	C_m
— dans le circuit extérieur	C_e
Coefficient de self induction	L_s
— d'induction mutuelle	L_m

Une batterie de pile serait réprésentée comme suit :

pour la distinguer d'une batterie d'accumulateurs dont le schèma serait :

Pour désigner les lampes à incandescence, on ferait usage de petits cercles, et d'étoiles pour les lampes à arc.

Toujours, d'après les propositions de M. Jamieson, une installation d'éclairage avec lampes à incandescence disposées en arc multiple s'esquisserait comme suit :



La figure suivante et la formule qui l'accompagne serviraient pour la résistance totale R d'un circuit électrique, en appropriant aux lettres les significations choisies :

$$R = B + \frac{G\,s}{G + s} + r.$$

Tel est, brièvement résumé, l'état actuel de la question.

Les groupes scientifiques qui en sont saisis

n'ont pas encore fourni à ce sujet un travail complètement coordonné, espérons toutefois que l'attente ne sera plus longue. La question intéresse autant les hommes de sciences que les praticiens.

Le choix de symboles identiques aurait l'énorme avantage d'abréger les explications sur la signification des termes dans les développements des formules mathématiques. Le simple examen d'une formule suffirait pour se renseigner sur son contenu, sans le secours des ennuyeuses légendes explicatives.

Mais pour que le langage devienne précis, il est nécessaire que les mots représentent toujours des notions précises, universellement acceptées et que leur sens ne dépende pas, plus ou moins, de la façon de comprendre l'idée d'après leur arrangement dans la phrase.

Il serait donc on ne peut plus désirable que les Sociétés d'électriciens de tous les pays continuassent l'étude de ces questions avec le désir d'arriver à une entente commune par le sacrifice réciproque de certaines préférences et de certaines habitudes.

E. Dieudonné.

ÉTUDES RÉCENTES

SUR

LES LAMPES A INCANDESCENCE

Draper a démontré le premier que tout corps dont la température atteint 525 degrés commence à émettre des radiations perceptibles à l'œil, c'est-à-dire des radiations dont la longueur d'onde est égale à celle du bord extrême de la partie rouge du spectre normal (longueur d'onde, $\lambda = 0,00076$ millimètre). Le corps étant placé dans le vide, l'énergie qui est dépensée pour le maintenir à une température inférieure à 525 degrés, mais supérieure à la température ambiante, est uniquement employée à entretenir les radiations obscures qu'il émet.

Lorsque la température augmente et dépasse 525 degrés, les radiations de plus petite longueur d'onde viennent s'ajouter aux radiations obscures que le corps continue à émettre. Il existe entre la température du corps et l'énergie renfermée dans ses radiations une relation bien déterminée. Stephan a trouvé en 1880 la loi suivante :

$$Q = a\,J\,S\,(T_1^4 - T_0^4)$$

Dans cette formule, Q représente la quantité d'énergie émise dans l'unité de temps par la radiation, T_1 est la température du corps, T_0 la température ambiante, exprimées en degrés de l'échelle absolue ($T = 273 + t$), S est la surface émissive, J l'équivalent mécanique de la chaleur, et a un coefficient qui dépend de la nature du corps.

Si nous appelons Q_1 et Q_2 les quantités d'énergie correspondant aux radiations lumineuses et aux radiations obscures, nous aurons $Q = Q_1 + Q_2$. Le rendement optique, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie des radiations lumineuses et l'énergie totale dépensée pour maintenir le corps à la température considérée est donc $\frac{Q_1}{Q_1 + Q_2}$. Ce rendement optique, nul au-dessous de 525 degrés, puisque $Q_1 = 0$, augmente avec la température, ainsi que cela résulte des déductions que l'on peut tirer de la formule de Stephan.

Ce rendement optique dépend, en outre, du facteur a, c'est-à-dire de la nature de la source émissive; or, ce facteur a varie d'un corps à l'autre; sa valeur est différente pour un fil de charbon et pour un fil de platine, et elle est très faible pour une flamme dont le pouvoir émissif dépend essentiellement des particules solides qu'elle renferme.

Le rendement optique des sources de lumière les plus usuelles a déjà été déterminé a diverses reprises, entre autres par Tyndall. Le savant physicien anglais a effectué ses mesures en faisant traverser aux radiations émises par la source à étudier, successivement une couche de sulfure de carbone, qui laisse passer librement toutes les radiations, et une couche d'une solution d'iode, qui absorbe les radiations lumineuses seulement; leur intensité était mesurée à l'aide de la pile thermo-électrique. Le tableau qui suit donne en pour cent de l'énergie totale celle qui est émise par les rayons lumineux et celle qui correspond aux radiations obscures :

	Radiations lumineuses	Radiations obscures
Platine au rouge sombre.....	0	100
Flamme d'hydrogène.....	0	100
Lampe à huile.....	3	97
Brûleur à gaz ordinaire.....	4	96
Platine incandescent.....	4,6	95,4
Arc voltaïque.....	10,	90,

La mesure du rendement optique des lampes à incandescence des divers systèmes a été faite tout récemment par M. Blattner [1], au laboratoire d'électrotechnie de l'École polytechnique de Zurich, dont M. le professeur H.-F. Weber, bien connu des lecteurs de *La Lumière Électrique*, es le directeur. Il a fait ses mesures sur des lampes Swan, Edison et Bernstein, à des intensités lumineuses inférieures et supérieures à leur intensité normale; il est arrivé à des résultats très intéressants, que nous allons résumer brièvement.

L'énergie Q_0 dépensée par la lampe est fournie par le courant d'intensité i qui circule dans le filament dont la résistance est r; à cette énergie Q_0 correspond une quantité de chaleur W_0, et l'on a, J étant l'équivalent mécanique de la chaleur.

$$Q_0 = J\,W_0 = r\,i^2$$

On a de même :

$$Q_1 = J\,W_1$$
$$Q_2 = J\,W_2$$

en sorte que le rendement optique de la lampe est donné par la formule

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{W_1}{W_0} = \frac{W_0 - W_2}{W_0}$$

ou

$$Q_1 = Q_0\,\frac{W_0 - W_2}{W_0}$$

La mesure de l'énergie correspondant aux radiations lumineuses émises par la lampe est ainsi ramenée à celle de deux quantités de chaleur W_0 et W_2 et d'un travail Q_0.

Pour mesurer la quantité de chaleur W_0, on place la lampe dans un calorimètre à parois de cuivre minces et noircies, rempli d'eau; les dimensions du calorimètre doivent être assez grandes pour que la lampe soit entourée d'une couche d'eau de 3 centimètres au moins. La totalité de la chaleur rayonnée par la lampe est absorbée par l'eau et par les parois métalliques du calorimètre, et il suffit de mesurer l'élévation de température de ce liquide pour en déduire la chaleur totale émise pendant l'unité de temps.

Si l'on remplace le calorimètre à parois de cuivre par un calorimètre en verre mince, les radiations obscures seulement seront absorbées, car l'eau et le verre sont, sous ces épaisseurs, parfaitement diathermanes pour les radiations lumineuses. L'élévation de température que l'on constate dans le calorimètre n'est due qu'à l'action des rayons obscurs; on mesure ainsi facilement la quantité de chaleur W_0 correspondante. Les mesures calorimétriques, faites en tenant compte de tous les termes correctifs, peuvent atteindre une grande précision; une exactitude de 0,3 o/o est facilement atteinte.

La mesure du travail total Q_0 dépensé dans la lampe se réduit à celles de l'intensité i du courant et de la différence de potentiel E aux bornes de la lampe, car on a :

$$A_0 = i\,E$$

M. Blattner a mesuré l'intensité du courant à l'aide d'un galvanomètre particulier, généralement employé au laboratoire électrotechnique de Zurich, pour la mesure en grandeur absolue des courants intenses. Dans cet instrument, déjà décrit dans *La Lumière Électrique*, on utilise l'action d'un cadre rectangulaire sur une aiguille aimantée placée dans son plan à une distance que l'on peut varier à volonté.

La différence de potentiel aux bornes de la lampe était mesurée à l'aide d'un galvanomètre à grande résistance placé en dérivation; il était étalonné à l'aide d'éléments Daniell dont la force électromotrice, d'après les mesures de M. H.-F. Weber, est égale à 1,095 volt légal, la densité des solutions de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc étant 1,15.

Le courant, fourni par une machine Thury, était maintenu constant, pendant toute la durée d'une expérience, à l'aide d'un rhéostat à curseur, intercalé dans le circuit. Une expérience durait une heure, les lectures des instruments se faisaient toutes les trois minutes.

Les mesures ci-dessus donnent en même temps un moyen de déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur; on détermine en effet directement les quantités correspondantes Q_0 et W_0, qui sont liées entre elles par la relation :

$$Q_0 = J\,W_0$$

[1] E. Blattner. *Ueber den optischen Nutzeffect einiger Gluhlampen*. Zurich, 1886. Thèse.

CALORIMÈTRE EN CUIVRE						CALORIMÈTRE EN VERRE					$\frac{Q_2}{Q_1}$	Intensité lumineuse en bougies
i	E	Q_0 par seconde	W_0 par minute	J	r	i	ΔP	Q_0 par seconde	W_0 par minute	r		
						Lampe Swan						
			calories						calories			
0,0931	$52,776\times10^8$	$4,916\times10^8$	704,8	$0,4188\times10^8$	$56,662\times10^9$	0,0926	$52,632\times10^8$	$4,874\times10^8$	682,3	$56,838\times10^9$	0,023	2,62
0,1108	60,814	6,739	966,5	0,4184	54,876	0,1106	60,601	6,700	934,3	54,814	0,028	9,24
0,1208	62,301	7,525	1076,3	0,4196	51,582	0,1209	62,179	7,521	1038,0	51,404	0,036	13,24
0,1274	62,172	8,560	1231,6	0,4168	52,710	0,1275	67,156	8,560	1171,1	52,668	0,052	20,60
						Lampe Edison						
0,0728	$79,659\times10^8$	$5,799\times10^8$	837,8	$0,4156\times10^8$	$109,42\times10^9$	0,0730	$79,968\times10^8$	$5,836\times10^8$	813,5	$109,54\times10^9$	0,036	4,01
0,0838	88,229	7,397	1062,3	0,4176	105,24	0,0839	88,459	7,421	1020,9	105,44	0,045	8,29
0,0931	97,656	9,286	1343,5	0,4150	102,69	0,0948	97,346	9,232	1258,1	102,64	0,062	16,98
0,1062	105,570	11,206	1615,4	0,4160	99,45	0,1061	105,740	11,210	1489,2	99,73	0,085	28,65
						Lampe Bernstein						
0,3244	$37,926\times10^8$	$12,301\times10^8$	1768,6	$0,4172\times10^8$	$11,693\times10^9$	0,3246	$37,826\times10^8$	$12,277\times10^8$	1693,0	$11,649\times10^9$	0,042	15
0,3776	42,744	16,142	2319,9	0,4178	11,319	0,3785	42,758	16,184	2181,2	11,297	0,065	30
0,4113	45,960	18,905	2729,6	0,4156	11,173	0,4109	45,961	18,885	2541,0	11,185	0,073	50
0,4642	51,585	23,949	3433,8	0,4184	11,111	0,4635	51,478	23,862	3120,7	11,105	0,099	90

d'où l'on déduit

$$J = \frac{Q_0}{W_0}$$

M. Blattner a étudié une lampe Swan de 16 bougies, une lampe Edison de même intensité normale et une lampe Bernstein; le rendement optique de chacune d'elles a été déterminé pour 4 intensités lumineuses différentes, chaque série ayant été répétée cinq fois. L'intensité lumineuse de la lampe Bernstein n'a pas pu être déterminée directement, car le filament s'est rompu lors d'une

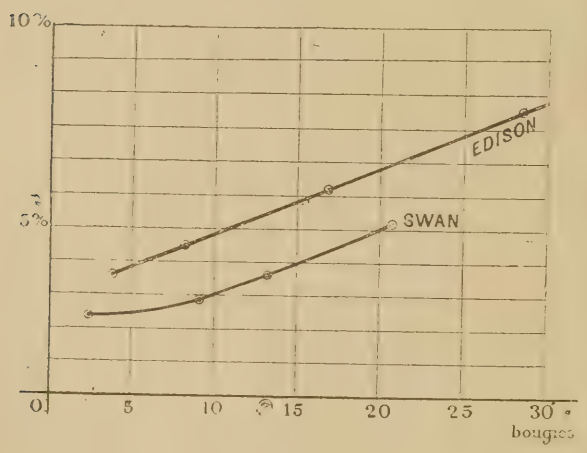


Fig. 1

série faite à une intensité plus grande; les nombres qui sont donnés plus bas sont approximatifs et sont déduits par comparaison avec une lampe du même type.

Les résultats obtenus sont consignés dans les deux courbes ci-jointes, figures 1 et 2.

On voit ainsi que le rendement lumineux des lampes à incandescence est relativement peu considérable; il est de 4 o/o environ pour la lampe Swan poussée à son intensité normale et de 6 o/o pour les lampes Edison et Bernstein, dans les mêmes conditions.

Ce rendement varie assez rapidement avec l'intensité lumineuse de la lampe, c'est-à-dire avec la température du filament.

Dans la figure 1, l'intensité lumineuse exprimée en bougies est portée comme abscisse et le rendement comme ordonnée. La courbe qui en résulte doit passer par l'origine; dans les limites des observations faites par M. Blattner, on voit que cette courbe peut être remplacée par une ligne droite.

Dans la figure 2, par contre, on a pris comme abscisse le travail dépensé dans la lampe exprimé en volts-ampères, et comme ordonnée le rendement optique en pour cent. Les courbes des lampes Swan et Edison ont une allure parabolique, tandis que celle de la lampe Bernstein est plutôt linéaire. Ces courbes doivent couper l'axe des x à une certaine distance de l'origine, correspondant au travail dépensé dans la lampe pour amener le filament au rouge naissant.

Le rendement optique d'une lampe à incandescence à son intensité normale ne dépasse donc pas 6 o/o; il peut atteindre au plus 10 o/o lorsque la lampe est poussée à fond; mais on perd alors en durée du filament ce qu'on gagne en rendement. Il n'est donc guère supérieur au rendement

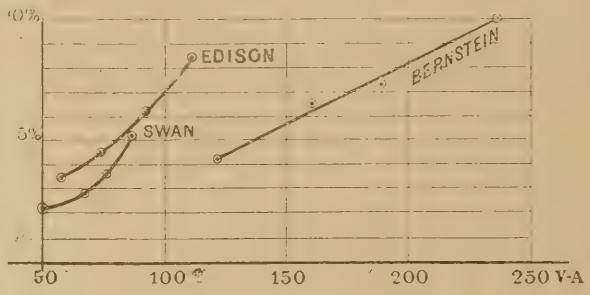


Fig. 2

d'un brûleur à gaz ordinaire. Il serait très intéressant de faire des mesures analogues sur le rendement des lampes à arc, soit par la méthode calorimétrique, soit par la méthode plus simple de Melloni, où l'on emploie la pile thermo-électrique; il est évident que le rendement sera beaucoup plus considérable, car la température des charbons est très supérieure à celle du filament des lampes à incandescence.

Un côté intéressant de la méthode de M. Blattner est, comme nous l'avons vu, la détermination implicite de l'équivalent mécanique de la chaleur. Les valeurs qui ont été obtenues varient quelque peu d'une lampe à l'autre; cependant, elles concordent assez bien entre elles; voici les résultats:

Lampe Swan.....	$J = 0{,}4184 \times 10^8$
Lampe Edison.....	$J = 0{,}4161$
Lampe Bernstein.....	$J = 0{,}4172$

La moyenne de ces valeurs

$$J = 0{,}4172 \times 10^8$$

est donc exacte à plus de 1/500, ainsi qu'on peut s'en convaincre en jetant un coup d'œil sur les nombres obtenus pour les diverses séries. Or, le nombre généralement admis est $J = 425$ kilogrammètres, ce qui donne en unités absolues $J = 4169 \times 10^8$. L'accord est donc aussi satisfaisant que possible

Une question non moins importante pour la connaissance exacte des propriétés d'une lampe à incandescence est celle de la variation de son intensité lumineuse avec le travail dépensé dans le filament.

Jamieson [1] a fait le premier des recherches systématiques étendues sur la relation qui existe entre ces deux éléments; il a obtenu pour les lampes usuelles des diagrammes très intéressants en portant comme abscisse le travail et comme ordonnée l'intensité lumineuse.

Le Dr Higgs a essayé de représenter analytiquement cette relation en posant :

$$L = M\,Q^2$$

L étant l'intensité lumineuse exprimée en bougies, Q le travail et M une constante dépendant de la nature de la lampe.

Mansel, à Glasgow, a donné aussi les formules suivantes :

$$\log B = \log E + a\,r$$

$$\log b\,B = \frac{1}{2}\log L + A\,r$$

dans lesquelles E est la différence de potentiel aux bornes de la lampe, L l'intensité lumineuse, r la résistance de la lampe, a, b, B des constantes. Jamieson a simplifié ces formules en posant $a = 2A$ et en supposant, ce qui est conforme à l'expérience, que $\log bB$ est constant, il les a mises sous la forme plus simple :

$$\log L = 6\,(\log E - \log A)$$

ou

$$L = \left(\frac{E}{A}\right)^6$$

A étant une constante. Il a obtenu de cette manière les nombres suivants pour une lampe Swan dont l'équation était :

$$\log L = 6\,(\log E - \log 27.7)$$

L observé	L calculé	Différence
2.0	2.38	+ 0.38
5.4	5.96	+ 0.58
7.5	7.79	+ 0.29
12.5	12.50	0.00
22.3	22.40	+ 0.10
23.7	23.56	— 0.14
32.6	32.15	— 0.45
55.0	49.62	— 5.38

E. Voit, dans son remarquable rapport sur les mesures électriques faites à l'Exposition d'électricité de Munich [1], a essayé de déterminer une loi analytique simple donnant pour toutes les lampes à incandescence des résultats plus concordants que ceux fournis par les formules ci-dessus. Il a étudié les trois formules suivantes :

$$L = a_1\,Q^2$$

$$L = a_2\,Q^3$$

$$L = a_3\,Q^4$$

et il a trouvé que la dernière de ces formules représente les observations avec la plus grande exactitude; cependant, l'accord n'a pas été aussi parfait pour les lampes Cruto, dont le filament est d'une nature assez différente de celle des autres lampes.

En 1883, M. Gœtz [2], à la suite de nombreuses mesures faites au laboratoire de l'École polytechnique de Zurich sur la lampe Cruto, arriva à la conclusion que la formule binôme

$$L = \alpha\,Q + \beta\,Q^2$$

donnait des résultats plus concordants qu'aucune de celles qui avaient été proposées antérieurement; la concordance à laquelle il parvint était complète, dans les limites des erreurs d'observation.

Cependant, en 1884, une étude de la lampe Bernstein, faite au même laboratoire par M. Ganguillet, montre que la formule de M. Gœtz ne

(1) *La Lumière Électrique*, 1882, vol. VII, p. 137.

(1) *La Lumière Electrique*, 1883, vol. X, p. 81.

(2) *La Lumière Electrique*, 1883, vol. XI, p. 207.

donnait pas de résultats assez concordants ; c'est pourquoi il essaya d'une relation du troisième degré

$$L = \alpha Q + \beta Q^3$$

qui donna des nombres satisfaisant extrêmement bien aux observations directes.

Voici, par exemple, les valeurs obtenues par M. Ganguillet pour une lampe Bernstein, à l'aide de la formule

$$L = -0{,}0100\, Q + 0{,}0000{:}00\, Q^3$$

i en ampères	E en volts	Q en watts	L observé	L calculé
3.36	26.35	88.68	6.1	6.3
3.75	28.85	108.11	11.7	11.9
4.00	30.39	121.35	17.4	17.1
4.38	32.17	140.87	27.2	27.3
4.74	34.22	162.08	42.5	42.2
5.13	36.69	188.18	66.4	66.7
5.23	37.52	196.30	76.0	75.9
5.32	37.88	201.31	82.0	81.6
5.66	39.44	223.10	113.1	112.5
5.85	40.34	235.82	134.0	132.7
6.26	42.59	266.52	190.1	192.4
6.51	43.58	283.53	225.1	224.8

Les formules qui ont été proposées successivement sont donc,

MM. Higgs..... $L = \alpha Q^2$

Mansel .... $L = \left(\frac{E}{A}\right)^6$

Voit..... $L = \alpha Q^3$

Goetz..... $L = \alpha Q + \beta Q^2$

Ganguillet. $L = \alpha Q + \beta Q^3$

Or, M. Voit a déjà démontré que la formule cubique $L = \alpha Q^3$ représente mieux les observations que les deux premières. Il reste donc à déterminer laquelle des trois dernières formules donne les résultats qui s'accordent le mieux avec l'observation.

Cette question vient d'être résolue dernièrement par M. le Dr Hess [1], à la suite des recherches qu'il a faites au laboratoire électrotechnique de Zurich.

Il ne s'est pas seulement contenté de reprendre les observations antérieures et de les discuter, mais il a aussi soumis quelques lampes Swan à une étude complète.

Nous n'entrerons pas dans le détail des mesures qui ne présentent rien de bien remarquable.

M. Hess a mesuré l'intensité du courant à la boussole des tangentes et la différence de potentiel aux bornes à l'aide d'un galvanomètre de grande résistance en dérivation sur la lampe. Toutes les mesures de l'intensité lumineuse ont été faites au photomètre Bunsen et rapportées à la bougie normale, le filament de la lampe faisant un angle de 45 degrés avec l'axe du photomètre.

Appelons L_1 l'intensité lumineuse en bougies calculée d'après la formule de Ganguillet

$$(1) \qquad L_1 = \alpha_1 Q + \beta_1 Q^3$$

L_2 celle qui est donnée par la formule cubique de Voit

$$(2) \qquad L_2 = \alpha_2 Q^3$$

et enfin L_3 celle que l'on obtient en partant de l'équation de Gœtz

$$(3) \qquad L_3 = \alpha_3 Q + \beta_3 Q^2$$

La moyenne des différences $L_1 - L = \Delta L_1$, $L_2 - L = \Delta L_2$, $L_3 - L = \Delta L_3$, entre le résultat du calcul et la valeur obtenue par l'observation, donne une idée très nette de la concordance des formules avec les observations.

Les nombres ci-dessous résument les observations et les calculs ; nous ne donnons les séries complètes que pour quelques lampes étudiées par M. Hess, par M. Voit à l'Exposition de Munich, par M. Gœtz et par M. Schumann [1] à Breslau. L'intensité du courant i est exprimée en ampères, la différence de potentiel E en volts, le travail Q en volt-ampères et l'intensité lumineuse L en bougies.

(1) C. Hess. *Helligkeit und Arbeitsverbrauch electrischer Glühlichtlampen*. Zurich, 1884. Thèse.

(1) *La Lumière Électrique*, 1884, vol. XIII, p. 60.

Lampe Swan, n°2 (8 bougies)

Hess, à Zurich

$L_1 = -0{,}02778\,Q + 0{,}0001164\,Q^3$

$L_2 = 0{,}0000974\,Q^3$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2
22.04	0.802	17.68	0.29	0.23	0.56
23.16	0.987	25.86	1.50	1.59	1.90
28.73	1.097	31.53	3.00	2.98	3.20
30.87	1.184	36.56	4.86	4.94	4.99
32.28	1.238	39.96	6.73	6.66	6.51
33.01	1.263	41.70	7.59	7.65	7.40

Moyenne de $\Delta L_1 = 0{,}053$

Moyenne de $\Delta L_2 = 0{,}226$

Lampe Swan, n° 4 (16 bougies)

Hess, à Zurich

$L_1 = -0{,}0280\,Q + 0{,}0000632\,Q^3$

$L_2 = 0{,}0000549\,Q^3$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2
33.90	0.90	30.68	1.27	1.00	1.59
40.92	1.10	45.05	4.25	4.51	5.02
44.26	1.18	52.49	7.43	7.67	7.94
45.65	1.22	55.70	9.28	9.26	9.49
48.04	1.29	61.91	13.28	13.26	13.03
49.25	1.32	65.02	15.56	15.54	15.09

Moyenne de $\Delta L_1 = 0{,}138$

Moyenne de $\Delta L_2 = 0{,}422$

Grande lampe Edison

Schumann, à Breslau, pour $\lambda = 0{,}000656$ m. m.

$L_1 = +0{,}03173\,Q + 0{,}0000198\,Q^3$

$L_2 = 0{,}000022\,Q^3$

$L_3 = -0{,}1098\,Q + 0{,}003562\,Q^2$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2	L_3
87.3	0.63	54.62	4.9	4.96	3.58	4.64
90.4	0.68	61.30	7.2	6.51	5.07	6.66
94.7	0.73	68.89	8.9	8.67	7.19	9.34
97.4	0.75	72.89	11.5	9.99	8.52	10.92
105.0	0.82	86.45	16.2	15.56	14.21	17.14
112.9	0.94	106.70	25.0	27.47	26.73	28.85
117.6	1.01	118.62	34.0	36.86	36.72	37.14
120.4	1.04	124.67	43.8	42.38	42.63	41.67
124.5	1.10	136.45	56.2	54.71	55.89	52.36

Moyenne de $\Delta L_1 = 1{,}263$

— $\Delta L_2 = 1{,}783$

— $\Delta L_3 = 1{,}749$

Lampe Maxim

Exposition de Munich, (3 octobre 1882)

$L_1 = +0{,}0472\,Q + 0{,}00002155\,Q^3$

$L_2 = 0{,}0000247\,Q^3$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2
59.57	1.20	71.21	9.75	11.75	8.92
63.14	1.34	85.57	17.98	18.60	16.59
66.46	1.40	92.90	22.74	23.65	22.09
69.71	1.51	105.00	30.65	29.90	28.59
73.12	1.64	120.00	43.50	42.89	42.67
77.07	1.82	140.00	65.12	63.74	67.78

Moyenne de $\Delta L_1 = 0.917$

Moyenne de $\Delta L_2 = 1.403$

Lampe Siemens

Exposition de Munich, (16 octobre 1882)

$L_1 = -0{,}0156\,Q + 0{,}0000252\,Q^3$

$L_2 = +0{,}0000233\,Q^2$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2
78.98	0.75	59.20	4.25	4.31	4.83
85.01	0.83	70.70	7.89	7.90	8.23
92.43	0.92	84.30	13.85	13.78	13.96
95.60	0.95	90.50	17.16	17.27	17.27
100.20	1.01	100.80	24.29	24.29	23.86

Moyenne de $\Delta L_1 = 0{,}050$

Moyenne de $\Delta L_2 = 0{,}314$

Lampe Greiner et Friedrichs

Schumann, à Breslau, pour $\lambda = 0{,}000656$ m. m.

$L_1 = -0{,}005\,Q + 0{,}000208\,Q^3$

$L_2 = 0{,}000198\,Q^3$

$L_3 = -0{,}03504 + 0{,}00577\,Q^2$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2	L_3
9.11	0.70	6.43	0.01	0.02	0.05	0.01
10.15	0.80	8.16	0.10	0.07	0.11	0.10
11.37	0.93	10.57	0.22	0.19	0.23	0.28
12.58	0.99	12.48	0.51	0.34	0.38	0.44
13.40	1.21	16.28	0.74	0.82	0.85	0.96
14.40	1.34	19.25	1.22	1.39	1.41	1.46
15.67	1.39	21.78	1.99	2.04	2.05	1.97
16.65	1.47	24.41	3.03	2.90	2.88	2.58

Moyenne de $\Delta L_1 = 0{,}0838$

— $\Delta L_2 = 0{,}0875$

— $\Delta L_3 = 0{,}1300$

Lampe Muller

Exposition de Munich, (7 octobre 1882)

$L_1 = + 0{,}03907\ Q + 0{,}000002124\ Q^3$

$L_2 = \qquad + 0{,}0000025$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2
121.2	1.71	207.3	23.64	27.02	22.27
130.6	1.88	245.2	39.52	40.89	36.86
133.8	1.95	260.6	51.23	47.77	44.25
140.6	2.07	290.4	65.26	63.36	61.23
154.8	2.35	363.1	115.79	115.87	119.68
155.5	2.40	373.1	123.91	124.89	129.84

Moyenne de $\Delta L_1 = 1{,}862$

Moyenne de $\Delta L_2 = 4{,}143$

Lampe Cruto, n° 2

Goetz, à Zurich

$L_1 = 0{,}0274\ Q + 0{,}000491\ Q^3$

$L_2 = \qquad 0{,}000528\ Q^3$

$L_3 = - 0{,}167\ Q + 0{,}197\ Q^2$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2	L_3
22.17	0.54	11.94	1.2	1.16	0.90	0.80
27.33	0.64	17.60	3.3	3.16	2.88	3.16
30.99	0.71	22.00	5.9	5.83	5.62	5.86
34.01	0.77	26.26	9.2	9.61	9.56	9.23
37.47	0.82	30.63	15.7	14.95	15.18	13.34

Moyenne de $\Delta L_1 = 0{,}246$

— $\Delta L_2 = 0{,}351$

— $\Delta L_3 = 0{,}389$

Voici enfin, résumés dans un tableau synoptique, les résultats de cette comparaison pour tous les cas que M. Hess a soumis au calcul. Les lampes Swan, désignées par les indices *a*, *b*, *c*,... sont des lampes ordinaires de 16 bougies dans lesquelles le vide était poussé plus ou moins loin.

Lampe	Observateur	$L_2 = \alpha_2 Q^3$		$L_1 = \alpha_1 Q + \beta_1 Q^3$		
		α_2	ΔL_2	α_1	β_1	ΔL_1
Swan n° 1.....	Hess.....	0.0000974	0.284	— 0,02778	0,0001164	0,055
— 2.....	—	1020	226	— 0,02434	1196	053
— 3.....	—	657	238	— 0,00793	676	198
— 4.....	—	549	422	— 0,0280	632	138
— 5_a.....	—	237	879	— 0,0358	284	515
— 5_b.....	—	293	527	— 0,0190	322	363
— 5_c.....	—	486	298	— 0,0130	512	197
— 5_d.....	—	489	404	— 0,0153	523	281
— 5_e.....	—	452	215	— 0,0052	465	228
— 6_a.....	—	228	443	— 0,0191	254	193
— 6_b.....	—	266	568	— 0,0219	299	354
— 6_c.....	—	394	833	— 0,0414	470	481
— 6_d.....	—	390	618	— 0,0236	442	527
— 6_e.....	—	350	191	+ 0,0050	342	197
Maxim n° 1.....	Münich.....	247	1.403	+ 0,0472	215	917
Swan n° 1.....	—	1024	0.585	+ 0,0297	930	444
Siemens n° 1.....	—	223	0.314	— 0,0156	252	050
Muller n° 1.....	—	25	4.143	+ 0,03907	211	1.862
Cruto n° 1.....	Getz.....	320	1.543	+ 0,0796	196	805
Cruto n° 2.....	—	528	0.351	+ 0,0274	4910	246
Edison.....	Schumann.....	22	1.783	+ 0,3173	198	1.263
Greiner et Friedrichs	—	198	0.088	— 0,005	2080	084

Moyenne de $\Delta L_1 = 0.430$ Moyenne de $\Delta L_2 = 0{,}741$

On a en outre, pour les trois dernières lampes seulement, les valeurs suivantes pour les moyennes des écarts ΔL.

$\Delta L_1 = 0{,}531$

$\Delta L_2 = 0{,}741$

$\Delta L_3 = 0{,}758$

En examinant les chiffres donnés dans les tableaux qui précèdent, on voit que la différence entre les valeurs de L observées et celles de L_1 calculées par la formule de Ganguillet, sont en général alternativement positives et négatives, tandis que pour les valeurs de L_2 et de L_3 cela n'a pas lieu, ces différences étant de même signe pour une partie des observations et de signe contraire pour l'autre. On voit, en outre, que la valeur

absolue de ces différences est beaucoup plus faible pour la formule (1) que pour les autres, en sorte qu'on peut considérer comme démontré, dans les limites de l'exactitude des mesures photométriques, que *l'intensité lumineuse d'une lampe électrique à incandescence est donnée par la somme de deux termes dont l'un est proportionnel au travail dépensé dans la lampe et l'autre à la troisième puissance de ce travail.*

La loi de la variation de l'intensité lumineuse avec le travail dépensé étant ainsi déterminée, il reste encore à étudier l'influence du degré de vide de la lampe sur son rendement lumineux.

Dans le cas du vide parfait, la perte d'énergie de la lampe est employée uniquement à entretenir le rayonnement; cette quantité d'énergie est, comme nous l'avons déjà vu, donnée par la loi de Stephan. Lorsque le vide n'est pas poussé aussi loin, la transmission de la chaleur par conductibilité directe des particules gazeuses s'ajoute à la transmission par rayonnement. La perte d'énergie que subit le filament pendant l'unité de temps est donc plus grande, en sorte que le travail qui, pour un vide absolu, suffirait à maintenir l'équilibre thermique avec le milieu ambiant, pour une température déterminée, ne pourra maintenir cet équilibre que pour une température inférieure. Or, le pouvoir émissif lumineux varie très rapidement avec la température, en sorte qu'un faible abaissement de la température du filament produit une diminution très forte dans l'intensité lumineuse de la lampe. Ainsi, dans le cas d'un vide imparfait, il faut, pour obtenir une intensité lumineuse déterminée, dépenser plus de travail que pour un vide meilleur; le rendement lumineux diminue donc lorsque la tension du gaz de la lampe augmente.

M. Hess a étudié les lois de cette diminution sur deux lampes Swan de 16 bougies nominales; la tension du gaz a varié dans ses mesures depuis 2 millimètres de mercure jusqu'à la valeur limite fournie par la pompe à mercure de Geissler, valeur qui était certainement bien au-dessous de 0,1 millimètre. Pour chaque tension, l'intensité lumineuse a varié entre des limites assez étendues et le travail correspondant a toujours été mesuré.

Voici les résultats complets obtenus avec la lampe Swan n° 5; nous donnons aussi la valeur de L_1 et L_2 calculées d'après les formules étudiées plus haut.

Lampe Swan, n° 5

a. — Tension du gaz, 2 millimètres

$L_1 = -0{,}0358\,Q + 0{,}0000284\,Q^3$

$L_2 = 0{,}0000237\,Q^3$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2
34.73	0.92	32.16	0.44	— 0.20	0.79
43.90	1.15	50.61	2.49	1.88	.037
51.94	1.36	70.59	6.88	7.47	8.34
56.97	1.47	83.16	12.48	13.35	13.63
57.72	1.51	87.05	15.76	15.63	15.63
62.15	1.61	100.22	25.52	26.02	23.86

b. — Tension du gaz, 1,2 m. m.

$L_1 = -0{,}0190\,Q + 0{,}0000322\,Q^3$

$L_2 = 0{,}0000293\,Q^3$

E	*i*	Q	L	L_1	L_2
30.67	0.75	29.95	0.21	— 0.05	0.35
38.24	0.92	35.25	0.82	0.74	1.28
42.97	1.05	44.88	2.42	2.06	2.65
50.25	1.22	60.85	6.16	6.10	6.60
57.57	1.38	79.22	13.88	14.50	14.56
62.60	1.44	89.18	21.84	21.15	20.78

c. — Tension du gaz, 0,2 m. m.

$L_1 = -0{,}0130\,Q + 0{,}0000512\,Q^3$

$L_2 \quad 0{,}0000486\,Q^3$

E	*i*	Q	L	L_1	L
31.06	0.79	24.48	0.65	0.43	0.71
35.33	0.90	31.79	1.45	1.24	1.56
39.84	1.01	40.34	3.06	2.86	3.21
44.56	1.13	50.27	5.72	5.85	6.17
47.38	1.20	57.05	8.52	8.77	9.03
50.06	1.28	64.29	12.24	12.77	12.92
52.13	1.32	69.04	16.00	15.95	15.99
54.88	1.39	76.37	21.92	21.81	21.65
56.08	1.42	79.86	25.20	25.04	24.70

d. — Tension du gaz au-dessous de 0,1 m. m.

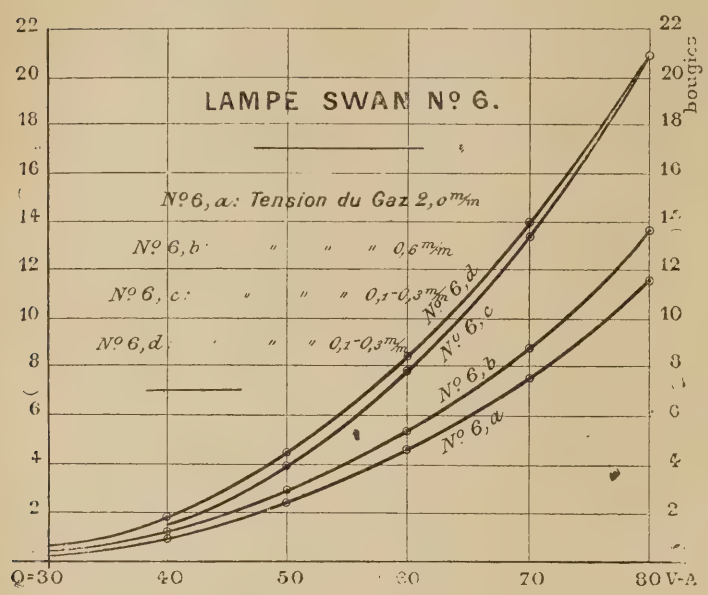
$L_1 = -0{,}0153\,Q + 0{,}0000523\,Q^3$

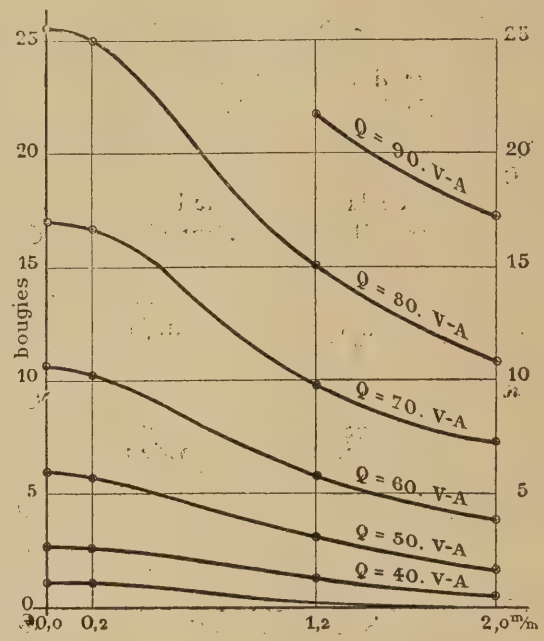
$L_2 = 0{,}0000489\,Q^3$

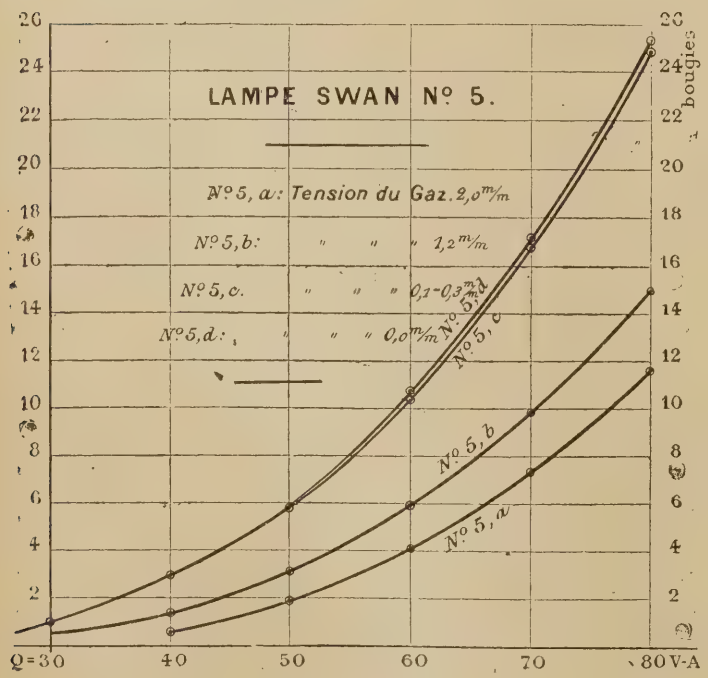
E	*i*	Q	L	L_1	L_2
27.75	0.74	20.44	0.32	0.13	0.42
30.18	0.79	23.78	0.55	0.34	0.66
39.14	1.01	39.36	2.74	2.58	2.98
41.35	1.08	44.54	4.00	3.94	4.32
45.07	1.16	52.43	6.44	6.73	7.05
48.19	1.25	60.22	10.16	10.50	10.68
51.41	1.31	67.46	14.60	15.02	15.01
54.40	1.40	76.07	22.44	21.86	21.52

Pour la lampe Swan n° 6, les observations ont donné les équations suivantes donnant l'intensité lumineuse en fonction du travail. :

(*a*) 2 millimètres..... $L_1 = -0{,}0191\,Q + 0{,}0000254\,Q^3$
(*b*) 0,6 m. m ..... $L_1 = -0{,}0219\,Q + 0{,}0000294\,Q^3$
(*c*) 0,2 m. m..... $L_1 = -0{,}0414\,Q + 0{,}0000470\,Q$
(*d*) au-dessous de $0^m{,}1$. $L_1 = -0{,}0236\,Q + 0{,}0000442\,Q$







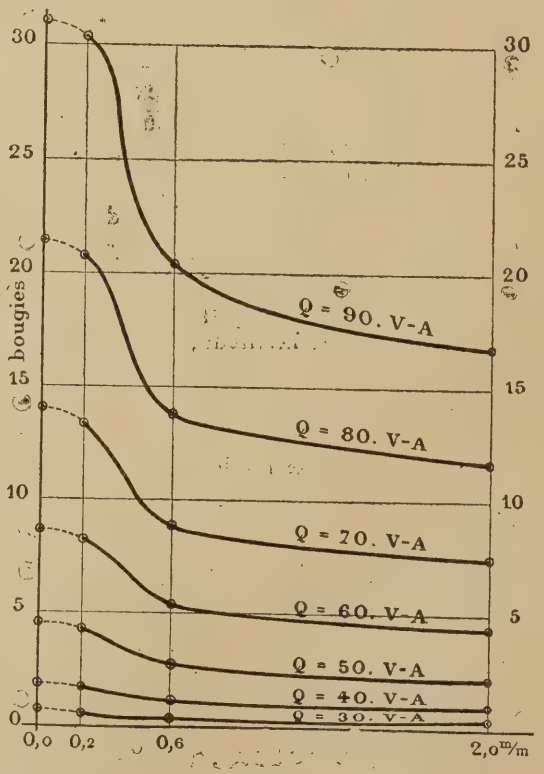


Fig. 3, 4, 5 et 6

Si l'on porte le travail dépensé comme abscisse et l'intensité lumineuse comme ordonnée, on obtient, pour les deux lampes ci-dessus, les courbes des figures 3 et 4. L'intensité lumineuse est également

bien représentée par l'équation du troisième degré en Q, pour les tensions de gaz très faibles, comme pour les tensions plus fortes.

La courbe se relève très rapidement, dès que la tension du gaz descend au-dessous de 0,3 m. m.

Les figures 5 et 6 donnent, pour un travail déterminé la variation de l'intensité lumineuse avec la tension du gaz dans la lampe. Cette variation est très forte pour les tensions comprises entre 0,3 m. m. et 1,2 m. m.

On voit que les courbes d'intensité lumineuses s'approchent asymptotiquement de deux valeurs limites, dont l'une, L', est atteinte lorsque le vide est absolu, et l'autre L'', lorsque la tension du gaz est considérable.

En appelant p la tension du gaz en m. m. et a une constante dépendant de la nature de la lampe, l'intensité lumineuse L peut être représentée par la formule

$$L = \frac{p^2 L'' - a L'}{p^2 - a}$$

Pour la lampe Swan n° 5 et pour un travail de 70 volt-ampères, cette formule devient

$$L = \frac{4,93\, p^2 + 16,20}{p^2 + 0,96}$$

d'où il résulte que pour $p = 0$, $L = 16,87$ bougies et pour $p = 20$ m. m., $L = 4,95$.

Des recherches ci-dessus, il faut donc tirer la conclusion que la tension du gaz d'une lampe à incandescence ne doit pas dépasser 0,2 m. m., afin d'obtenir un rendement lumineux favorable.

Cette conclusion ne s'applique qu'à la lampe Swan; mais il est très probable que les résultats seraient les mêmes pour d'autres lampes. Cependant, il faut désirer, dans l'intérêt d'une connaissance approfondie des lampes à incandescence en général, que de nouvelles études dans cette direction soient entreprises sur les lampes d'autres systèmes.

Ce n'est qu'en accumulant les observations et les recherches, dans toutes les directions possibles, qu'on arrivera à connaître à fond tous les éléments qui régissent la marche normale d'une lampe à incandescence et les facteurs qui peuvent la modifier.

A. Palaz

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur les relations qui peuvent exister entre les variations magnétiques et les tremblements de terre, par M. Léon Descroix (1).

L'idée viendra, cette fois encore, de rechercher s'il n'y a pas eu de relation entre les variations magnétiques et les tremblements de terre. A propos des catastrophes récentes de l'Espagne, on n'a rien démêlé de bien net. Cette fois, il me semble qu'il s'est produit quelque chose de particulier.

Depuis le 19 février, l'état de trouble des boussoles (déjà très marqué depuis le 9 et surtout le soir du 14) prend un caractère particulier, que ne m'expliquent plus les circonstances atmosphériques.

L'aspect des courbes me conduit à penser qu'il serait extrêmement instructif de pouvoir comparer, sous le rapport des effets magnétiques, les courbes enregistrées à Perpignan, Nice, Rome et Lyon. J'espère que ces rapprochements, auxquels on a sans doute déjà pensé, accuseront des divergences qu'on n'est point accoutumé de rencontrer quand il s'agit d'aurores boréales; divergences d'une autre sorte aussi que celles qui sont dues aux phénomènes météorologiques proprement dits. D'où, pour l'avenir, un enseignement peut-être sur l'utilisation des données magnétiques au point de vue du pronostic séismique.

Sur la conductibilité électrique des dissolutions salines de concentration moyenne; par M. E. Bouty (2).

Dans un Mémoire publié il y a deux ans (3), j'ai énoncé une loi nouvelle relativement à la conductibilité des dissolutions salines très étendues. Par son importance philosophique, aussi

(1) Note présentée à l'Académie des Sciences, le 28 février 1887.

(2) *Journal de physique*, tome VI, janvier 1886.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. III, p. 433, 1884; *Journal de Physique*, 2e série, t. III, p. 325.

bien que par les discussions qu'elle a soulevées à l'étranger, cette loi méritait d'être à nouveau l'objet d'une étude approfondie. Une multitude de questions de fait ou de méthode s'y rattachent intimement, et appelaient aussi des recherches complémentaires. Ce travail a pour objet de combler, au moins en partie, ces lacunes.

Dès 1878, M. R. Lenz [1], dans un Mémoire dont je n'avais pas eu connaissance, étudiait la conductibilité électrique des sels alcalins en dissolution très étendue. Il était amené à conclure que l'influence de l'anion s'efface peu à peu à mesure que la dilution augmente, et que celle du cation subsiste seule. Ainsi, tous les sels de potasse auraient, en dissolution très étendue, la même conductibilité moléculaire; mais les sels de soude auraient une conductibilité différente.

En 1884, MM. Arrhenius [2] et Ostwald [3] étaient aussi conduits, indépendamment de mes recherches, à étudier la conductibilité des sels ou des acides à un état de dilution extrême. La publication de leurs Mémoires coïncide à peu près avec celle de mes dernières Notes à l'Institut.

M. Vicentini [4], voulant essayer d'étendre aux solutions alcooliques la loi d'équivalents que je venais de proposer et n'y ayant pas réussi, a consacré deux Mémoires à l'étude des dissolutions aqueuses très étendues.

Enfin M. F. Kohlrausch a publié un important Mémoire que j'ai analysé ailleurs [5] et dont la discussion se mêlera intimement à celle de mes nouvelles expériences.

Tous ces travaux ont été réalisés exclusivement par la méthode des courants alternatifs. Il était avant tout indispensable de savoir si les résultats ainsi obtenus sont ou non comparables à ceux que donne la méthode électrométrique que j'ai moi-même employée. Tel a été l'objet d'une étude que nous avons entreprise, M. Foussereau et moi [1], et dont la principale conséquence est que cette méthode, parfaitement légitime tant qu'on n'opère qu'avec de faibles résistances et des dissolutions concentrées, peut conduire à des résultats tout à fait inexacts dans le cas où le circuit contient des résistances métalliques considérables ; elle devient presque absolument illusoire pour les dissolutions extrêmement étendues.

Mais il ne suffisait pas d'avoir montré le vice de la méthode, il était encore indispensable de discuter en eux-mêmes les résultats des mesures, et les conséquences qu'on est légitimement en droit d'en tirer. Pour comparer de plus près les résultats de M. Kohlrausch aux miens et pour étendre mes recherches aux solutions de concentration moyenne, je devais d'abord faire une étude spéciale de la conductibilité du chlorure de potassium que j'ai toujours adopté pour terme de comparaison.

Je devais, en second lieu, rechercher si la loi d'équivalents que j'ai énoncée est seulement une loi approchée (comme, par exemple, la loi de Dulong et Petit relative aux capacités calorifiques des corps solides), ou si elle doit être considérée comme une loi limite rigoureuse (analogue à la loi de Mariotte pour la compressibilité des gaz).

Enfin la nécessité de discuter les résultats d'expériences relatives à des dilutions excessives, où les impuretés de l'eau distillée ont pu jouer un rôle prépondérant, m'a conduit à l'étude de la conductibilité des mélanges salins en général. Ce Mémoire se divisera en trois parties, relatives au chlorure du potassium, à la loi d'équivalents et aux mélanges.

CHAPITRE I

SUR LA CONDUCTIBILITÉ DU CHLORURE DE POTASSIUM DISSOUS

La méthode électromagnétique, comme la plupart des méthodes de mesure, comporte une erreur relative d'autant moindre que les quantités à comparer ont un rapport plus voisin de l'unité. C'est pourquoi, dans mes recherches de 1884, j'ai toujours comparé la conductibilité des dissolutions salines à la conductibilité des dissolutions

(1) R. Lenz, *Mémoires de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. XVII; 1878.

(2) Arrhenius, *Bihang Svenska Vet. Acad. Handl.* t. VIII; 1884.

(3) Ostwald, *Journal für prakt. Chemie.* t. XXX; 1884.

(4) Vicentini, *Atti Venet* (2), t. II, 1884; *Atti Torino*, t. XX; 1885.

(5) F. Kohlrausch, *Ann. der Physik und Chemie*, t. XXVI, p. 161, 1885; *Journal de Physique*, 2e série, t. V. p. 427

(1) Bouty et Foussereau, *Journal de Physique*, 2e série, t. IV, p. 419; 1885.

du chlorure de potassium contenant le même poids de sel dissous, afin de n'avoir jamais affaire qu'à des résistances du même ordre de grandeur. Ces recherches m'ayant conduit à reconnaître que la conductibilité moléculaire de tous les sels normaux est la même en dissolution très étendue, il y avait intérêt à ne comparer désormais entre elles que des dissolutions de même concentration moléculaire; c'est pourquoi, renonçant dans mon travail actuel aux liqueurs d'une concentration en poids égale, j'ai eu recours à des dissolutions contenant un nombre exact m d'équivalents de sel en grammes par litre de la dissolution.

J'ai d'abord déterminé en valeur absolue la résistance spécifique d'une dissolution normale de chlorure de potassium, contenant 74,59 gr. de sel (1 éq., $m = 1$) par litre. Ensuite, et par une double série de mesures relatives, j'ai comparé cette résistance à celles d'autres dissolutions contenant de 3 équivalents à 0,001 équivalent de sel par litre, et à des températures comprises entre 0 degré et 30 degrés.

Mesure absolue. — Un tube capillaire enroulé en spirale et terminé par deux larges entonnoirs est successivement rempli de mercure pur à zéro et de la dissolution normale de chlorure de potassium. On mesure la résistance du mercure par la méthode du pont de Wheatstone, à l'aide d'un galvanomètre de Thomson à double bobine d'une extrême sensibilité et d'une boîte à pont de M. Carpentier dans laquelle on introduit entre les branches fixes un rapport égal à 100. De très gros fils de cuivre plongent dans les entonnoirs, et les communications sont attachées de telle sorte que la résistance du mercure forme *seule* la quatrième branche du pont; sa valeur à 0 degré est voisine de 1,2 ohm. On mesure ensuite la résistance du chlorure de potassium, par la mesure électrométrique, à une série de températures comprises entre 0 degré et 30 degrés, et en prenant comme terme de comparaison des résistances métalliques étalonnées en ohms légaux. Les résistances liquides ainsi mesurées sont comprises entre 200,000 ohms et 100,000 ohms. De l'ensemble des mesures on déduit : 1° le rapport R_0 des résistances de deux colonnes égales de la dissolution normale de chlorure de potassium et de mercure à 0 degré; 2° le coefficient moyen de variation de la résistance de la dissolution normale avec la température.

Posant

$$R_t = \frac{R_0}{1 + \alpha t}$$

on trouve ainsi $\alpha = 0{,}0291$ et $R_0 = 1{,}634.10^5$. Il en résulte que la résistance spécifique C.G.S. de la dissolution normale, évaluée en ohms légaux, est de

15,415 ohms

Eu égard à l'extrême inégalité des grandeurs à comparer, cette valeur peut être erronée de 1/100 au plus, par excès ou par défaut.

Mesures relatives. Étude de la méthode de Paalzow. — Les mesures relatives ont toutes été exécutées par la méthode électrométrique. Mais auparavant j'ai voulu me rendre compte du degré d'exactitude dont les autres méthodes sont susceptibles; je n'avais pas à revenir sur la méthode des courants alternatifs : il restait la méthode de Paalzow, consistant à éliminer la polarisation des électrodes par l'emploi d'électrodes de zinc plongeant dans une solution concentrée de sulfate de zinc.

Pour étudier cette méthode, j'ai intercalé la résistance à mesurer entre deux vases poreux pleins du même liquide et placés dans de grands bocaux contenant du sulfate de zinc. Ceux-ci communiquaient par des siphons avec d'autres vases contenant les électrodes de zinc amalgamé, plongés aussi dans le sulfate de zinc. Une première mesure à l'aide d'un pont de Wheatstone à branches inégales donnait la résistance totale du système ainsi formé; on excluait la résistance liquide capillaire en réunissant les vases poreux par un très gros siphon, le plus court possible, et l'on procédait à une seconde mesure. La résistance capillaire s'obtenait par différence.

J'ai pu me convaincre, par des mesures comparatives effectuées par cette méthode et par la méthode électrométrique, que la polarisation est complètement éliminée quand on s'astreint à conserver à la branche du circuit contenant l'électrolyte une résistance minimum d'une dizaine de mille ohms. La méthode de Paalzow offre alors, par rapport à la méthode électrométrique, l'avantage d'une plus grande rapidité dans les mesures; mais on est vite arrêté par le défaut de sensibilité des galvanomètres. Quand la résistance principale atteint un méghom, il me paraît impossible

de répondre des résultats à 1/10 près, tandis que les mesures électrométriques comportent au plus une erreur de 1/200 pour des résistances 10 ou 100 fois plus fortes.

Pour les mesures définitives, j'ai donc eu recours exclusivemant à la méthode électrométrique. La principale difficulté consiste dans l'évaluation exacte des températures, une variation de 0,1 degré entraînant en général une varialion de la résistance de 0,003, la plus légère erreur thermométrique altère notablement les résultats. Il est donc indispensable de maintenir les tubes capillaires contenant les résistances liquides dans des bains d'assez grand volume pour que la variation de température, pendant la durée d'une mesure, puisse être négligée, et d'employer des thermomètres donnant le dixième de degré.

Résultats. — Entre 0 degré et 30 degrés, la résistance des dissolutions de chlorure de potassium s'exprime, avec une exactitude suffisante, par la formule

$$R_t = \frac{R_0}{1 + \alpha t} \tag{1}$$

Le tableau suivant donne les valeurs absolues de la résistance spécifique R_0 et les valeurs relatives de la résistance moléculaire P_0 rapportée à celle de la dissolution normale, ainsi que les valeurs de α :

Nombre m d'équivalents	R_0	P_0	α
3,0.....	5,172	1,007	0,0230
2,0.....	7,785	1,010	0,0259
1,0.....	15,415	1,000	0,0291
0,5.....	30,49	0,989	0,0302
0,2.....	72,23	0,937	0,0326
0,1.....	141,0	0,915	0,0327
0,01.....	1325,0	0,860	0,0333
0,001.....	12697,0	0,824	0,0333

On remarquera que, entre 3 équivalents et 0,5 éq., la conductibilité moléculaire à 0 degré, P_0 varie à peine de 1/100 de sa valeur, tandis que α croit rapidement. Au contraire, dans les dissolutions étendues, α demeure très sensiblement constant et la conductibilité moléculaire décroît d'une manière assez marquée. Pour des valeurs de $m < 0,5$, on a très sensiblement

$$P_0 = 0,8\left(1 + 0,1976\, m^{\frac{1}{3}}\right) \tag{2}$$

m	P_0 observé	P_0 calculé	différence
0,5.....	0,989	0,989	0,000
0,2.....	0,937	0,939	+0,002
0,1.....	0,915	0,910	—0,005
0,01.....	0,860	0,851	—0,009
0,001.....	0,824	0,824	0,000

et, par conséquent, on peut admettre que la limite vers laquelle tend P_0 est égale à 0,8; c'est-à-dire que la résistance moléculaire du chlorure de potassium indéfiniment dilué est réduite aux 4/5 de celle de la liqueur normale.

Si l'on veut calculer la résistance spécifique d'une dissolution quelconque de chlorure de potassium, il faut encore connaître la loi de variation de α. On peut admettre, pour toutes les dilutions étudiées, la formule

$$\alpha = 0,00333\left(1 - 0,452\, m^{\frac{3}{4}}\right) \tag{3}$$

m	α observé	α calculé	Différence
3,0.....	0,0230	0,0230	0,0000
2,0.....	0,0259	0,0257	—0,0002
1,0.....	0,0291	0,0288	—0,0003
0,5.....	0,0302	0,0306	+0,0004
0,2.....	0,0326	0,0319	—0,0007
0,1.....	0,0327	0,0325	—0,0002
0,01.....	0,0333	0,0332	—0,0001
0,001.....	0,0333	0,0333	0,0000

Pour les valeurs de $m > 1$, on pourra admettre que P_0 est égal à 1, et calculer α par la formule (3); pour les valeurs de $m < 1$, on appliquera les formules (2) et (3). Les résistances ainsi calculées seront exactes à environ 0,01 de leur valeur.

Dans son dernier Mémoire, M. F. Kohlrausch donne les conductibilités d'un certain nombre de dissolutions de chlorure de potassium à 18 degrés rapportées à la conductibilité du mercure à 0 degré prise pour unité. Il trouve ainsi que la dissolution normale de chlorure de potassium possède une conductibilité moléculaire égale à $9,19.10^{-6}$. Mes expériences donnent $9,32.10^{-6}$; le nombre de M. Kohlrausch est plus faible d'environ 1/70, ce qui n'a rien de surprenant, puisque les deux mesures fondamentales, faites à des tem-

pératures différentes, ne sont pas directement comparables.

Le tableau suivant donne le rapport à 18 degrés des résistances des diverses solutions de chlorure de potassium à la dissolution normale, calculées : 1° d'après les formules (2) et (3); 2° d'après M. Kohlrausch :

m	Bouty	Kohlrausch	Différence
3,0.....	1,0814	1,1112	+0,0298
1,0.....	1,0000	1,0000	0,0000
0,5.....	0,9684	0,9593	—0,0091
0,1.....	0,8718	0,8777	+0,0059
0,01.....	0,8088	0,8012	—0,0076
0,001.....	0,7823	0,7704	—0,0119
∞.....	0,7587	0,7558	—0,0029

Sauf pour $m = 3$, l'accord des deux séries a lieu en général à moins de 1/100 près, c'est-à-dire que la différence peut être attribuée entièrement aux erreurs thermométriques. La méthode des courants alternatifs a donc conduit, dans ce cas, M. Kohlrausch à des résultats très sensiblement exacts.

CHAPITRE II

LOI DE LA CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DES SOLUTIONS SALINES DE CONCENTRATION MOYENNE

Nous savons qu'entre 0 degré et 20 degrés la résistance d'une solution saline étendue est exactement représentée par la formule binôme

$$r_t = \frac{r_0}{1 + \alpha t} \tag{4}$$

Le coefficient α, à partir d'une certaine dilution, souvent assez médiocre, ne diffère pas sensiblement de la valeur limite 0,0333 qui convient aux liqueurs les plus étendues.

Je suppose cette condition réalisée par un certain sel, le sulfate de zinc, par exemple, et je mesure le rapport $K_0 = \frac{r_0}{R_0}$ de sa résistance moléculaire à 0 degré à celle du chlorure de potassium à 0 degré et de même concentration atomique, c'est-à-dire contenant le même nombre m d'équivalents de sel par litre de la dissolution. L'avantage de cette comparaison est de pouvoir s'effectuer directement et avec une faible erreur relative, puisque les deux résistances à comparer sont du même ordre de grandeur. Le rapport K_0, en général plus grand que 1, tend vers la limite 1, à mesure que m tend vers zéro. C'est la loi d'équivalents que j'ai énoncée antérieurement [1].

Posons

$$K_0 = 1 + f(m) \tag{5}$$

et proposons-nous de déterminer la fonction $f(m)$. Les mesures relatives à un sel particulier, par exemple le sulfate de zinc, montrent que, si l'on fait varier m suivant les termes d'une progression géométrique, $f(m)$ varie suivant une autre progression géométrique. On a donc

$$f(m) = A\, m^c$$

En essayant de déterminer A et c pour divers sels neutres normaux, on reconnaît bien vite que, tandis que A varie largement d'un sel à un autre, on peut considérer c comme très sensiblement constant et égal à 1/3. Les tableaux suivants, relatifs à des sels pour lesquels K_0 varie dans des limites très larges, montreront la concordance du calcul ainsi effectué et de l'observation.

Sulfate de zinc A = 2,959

m	K_0 observé	K_0 calculé	Différence
0,5.....	3,335	3,348	+0,013
0,2.....	2,850	2,732	—0,118
0,1.....	2,420	3,375	—0,045
0,05.....	2,159	2,091	—0,068
0,02.....	1,815	1,805	—0,010
0,01.....	1,639	1,639	0,000
0,005.....	1,485	1,507	+0,022
0,002.....	1,283	1,374	+0,091
0,001.....	1,269	1,297	+0,030
0,00025....	1,158	1,187	+0,029

Pour le sulfate de zinc, α ne diffère déjà plus d'une manière sensible de la limite 0,0333, à partir de $m = 0,5$.

[1] *Annales de Chimie et de Physique.* 6e série. t. III, pt 444; *Journal de Physique.* 2e série. t. III, p. 330.

Nitrate de plomb A = 1,116

m	K_0 observé	K_0 calculé	différence	α
0,5	1,886	1,886	0,000	0,0389
0,25	1,755	1,703	—0,052	»
0,125	1,559	1,558	—0,001	0,0372
0,1	1,525	1,518	—0,007	»
0,05	1,424	1,411	—0,013	»
0,02	1,266	1,303	+0,037	0,0353
0,01	1,141	1,240	+0,099	0,0342
0,005	1,185	1,191	+0,006	»
0,002	1,096	1,141	+0,045	»
0,001	1,096	1,112	+0,016	»
0,00025	1,049	1,069	+0,020	»

Pour le nitrate de plomb, ce n'est qu'au-dessous de $m = 0,01$ qu'on peut admettre que α prend sensiblement sa valeur limite 0,0333.

Il ressort clairement des deux tableaux précédents :

1° Que la limite du rapport K_0 ne peut différer de l'unité d'une quantité appréciable : pour les sels étudiés, *la loi d'équivalents est donc une loi limite rigoureusement exacte;*

2° Que, pour les mêmes sels et des valeurs de $m < 0,5$, on a

$$K_0 = 1 + A\, m^{\frac{1}{3}} \tag{6}$$

J'ai trouvé pour A les valeurs suivantes :

Sels	A
Sulfate de zinc	2,959
Nitrate de plomb	1,116
Sulfate de potasse	0,359
Nitrate de potasse	0,240

On remarquera que la distance moyenne l de deux molécules salines est en raison inverse de la racine cubique du nombre des molécules et, par conséquent, en raison inverse de $m^{\frac{1}{3}}$. On peut donc écrire la formule

$$K_0 = 1 + \frac{A'}{l} \tag{bis}$$

L'écart d'un même sel, par rapport à la loi des équivalents, varie en raison inverse de la distance moyenne de ses molécules

Nous avons désigné par P_0 la résistance moléculaire du chlorure de potassium. Soit ρ_0 celle d'un sel normal; on a par définition

$$\begin{aligned} \rho_0 = K_0\, P_0 &= 0,8\left(1 + 0,2976\, m^{\frac{1}{3}}\right)\left(1 + A\, m^{\frac{1}{3}}\right) \\ &= 0,8\left[1 + (A + 0,2976)\, m^{\frac{1}{3}} + 0,2976\, A\, m^{\frac{2}{3}}\right] \end{aligned} \tag{7}$$

en prenant pour unité la résistance de la dissolution normale de chlorure de potassium.

Il est vraisemblable, d'après la forme de la relation (7), que la résistance spécifique d'une dissolution saline à 0 degré peut être développée en série suivant les puissances de $m^{\frac{1}{3}}$. On aurait donc

$$\rho_0 = 0,8 + b\, m^{\frac{1}{3}} + c\, m^{\frac{2}{3}} + \ldots \tag{8}$$

$$\rho_0 = 0,8 + \frac{b'}{l} + \frac{c'}{l^2} + \ldots \tag{8 bis}$$

Mon but ayant été surtout d'établir l'exactitude de la loi d'équivalents comme loi limite, je ne possède jusqu'ici qu'un trop petit nombre de mesures sur les dissolutions concentrées pour essayer de calculer les coefficients de la formule (8) avec trois ou quatre termes. Mais il est évident qu'on peut la réduire à un nombre de termes d'autant plus petit que l est plus grand, c'est-à-dire m plns petit. Pour le chlorure de potassium et $m < 0,5$ deux termes suffisent; il en faut un plus grand nombre pour d'autres sels, mais on peut toujours pratiquement atteindre une dilution pour laquelle deux termes sont suffisants. On est conduit à l'énoncé suivant :

L'excès de la résistance moléculaire d'un sel dilué sur sa valeur limite est à peu près en raison inverse de la distance moyenne de ses molécules.

Cette dernière observation a été publiée, pour la première fois, par M. F. Kohlrausch [1], dans son Mémoire sur les dissolutions très étendues.

[1] Kohlrausch, *Wied. Ann.*, t. XXVI, p. 201.

Les nombres fournis par M. Kohlrausch pour le sulfate de zinc se prêtent à une comparaison avec les miens. En ramenant ses observations à o degré au moyen des coefficients α déduits de mes propres expériences, on obtient la valeur de K_0. Le tableau suivant présente ces valeurs en regard des valeurs calculées par la formule (6) :

m	K_0 Kohlrausch	K_0 Bouty	Différence
0,1	2,230	2,375	—0,145
0,05	2,043	2,091	—0,048
0,01	1,605	1,639	—0,034
0,02	1,345	1,374	—0,029
0,001	1,265	1,297	—0,032

L'accord, assez défectueux pour les plus grandes concentrations, ce qui peut tenir en partie à la différence des températures auxquelles ont été réalisées les mesures de M. Kohlrausch et les miennes, se rétablit pour les grandes dilutions. Mais M. Kohlrausch, ayant poussé ses expériences jusqu'à $m = 0,00001$, trouve pour les valeurs de K_{18} (égal à K_0 pour ces dilutions extrêmes) $K_{18} = 1,147$ au lieu de 1,064 que donnerait la formule (6). Or, non seulement mes nombres, mais encore ceux de M. Kohlrausch, considérés pour des valeurs de $m > 0,001$, convergent vers la limite 1. Ce n'est que pour des dilutions beaucoup plus grandes, et que je n'ai jamais employées moi-même, que le désaccord apparaît. Le même désaccord se manifeste, dans les mêmes conditions, pour divers autres sels.

Il est impossible de ne pas attribuer ce désaccord à des phénomènes secondaires. On peut invoquer :

1° L'insuffisance probable de la méthode des courants alternatifs;

2° L'incertitude de la correction relative à l'eau distillée, quand celle-ci possède une conductibilité appréciable par rapport à celle du sel dissous;

3° Les réactions exercées sur le sel dissous par les impuretés apportées par l'eau distillée. Ces matières existent dans les dissolutions extrêmement étendues en proportion relative d'autant plus considérable que la dilution est plus grande.

C'est précisément pour être à l'abri des deux dernières causes d'erreur que j'avais volontairement exclu de mon premier travail les dissolutions contenant moins de 0,25 gr. de sel par litre et que je ne suis pas descendu dans celui-ci à des valeurs de $m < 0,001$ ou au plus à 0,00025. J'ajouterai que c'est principalement en vue d'apprécier l'importance de ces causes d'erreur que j'ai entrepris l'étude qui forme la dernière partie de ce travail.

(A suivre)

Sur la détermination du coefficient d induction mutuelle de deux bobines, par M. Carey Foster (1).

Dans la mesure en unités absolues du coefficient d'induction mutuelle de deux bobines, on emploie, d'après Maxwell, un galvanomètre balistique et une compensation particulière; les mesures sont assez compliquées et souvent fort longues.

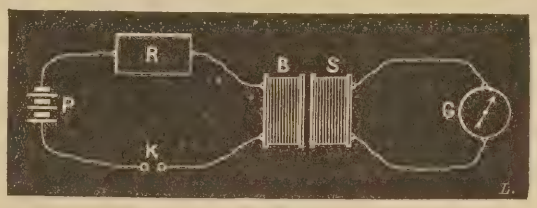


Fig. 1

M. Carey Foster a proposé récemment une nouvelle méthode qui implique bien l'emploi d'un condensateur de capacité connue, mais qui, par contre, permet d'effectuer les mesures très rapidement et avec une exactitude suffisante.

Soit M le coefficient d'induction mutuelle des deux bobines B et S (fig. 1) ; la première fait partie d'un circuit dans lequel se trouvent une pile P et un commutateur K ; la seconde est reliée à un galvanomètre balistique G. Chaque fois que l'on ouvre ou que l'on ferme le circuit primaire, l'aiguille de cet instrument est déviée par le passage d'une quantité d'électricité induite

$$Q = M \frac{i}{r}$$

i étant l'intensité du courant primaire et r la résistance du circuit du galvanomètre.

Si, sans modifier celui-ci, on intercale, entre deux de ses points, A et D (fig. 2) un condensa-

(1) *Philosophical Magazine*, 1887. Vol. XXIII, p. 121.

teur de capacité C, la quantité d'électricité traversant le galvanomètre, lors de l'ouverture et de la fermeture du circuit, sera :

$$Q' = C R i$$

Dans cette équation, R est la résistance com

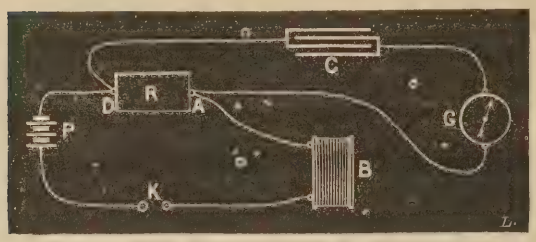


Fig. 2

prise entre A et D; elle peut être choisie de manière à rendre égales les déviations du galvanomètre dans les deux cas; on a alors la relation

$$M = C R r$$

Il est avantageux de faire ces deux mesures simultanément, afin d'éliminer les variations de l'intensité du courant primaire.

La figure 3 indique la manière d'établir les circuits; on intercalle entre A, S et R une nouvelle

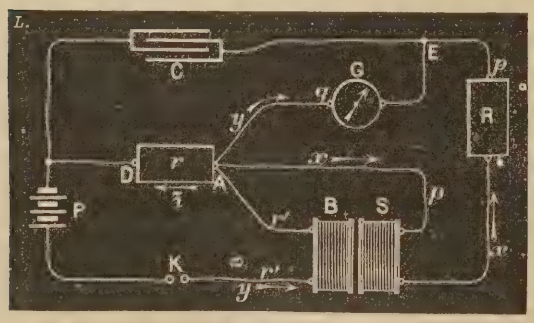


Fig. 3

résistance R, de façon que le galvanomètre reste au zéro, lorsque le courant primaire a atteint son régime permanent; on a alors

$$M = C p r$$

p étant la résistance (A S R E) comprise entre A et E, et r celle du segment A D.

De plus, si le coefficient de self-induction de la bobine S est égal au coefficient d'induction mu-

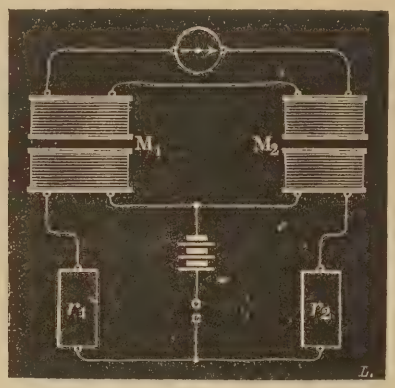


Fig. 4

tuelle, aucun courant ne traversera le galvanomètre, même pendant la période variable du courant primaire. Dans ce cas seulement, on pourra remplacer le galvanomètre par un téléphone et la pile P par une source d'électricité fournissant un courant alternatif.

Cette méthode n'est au fond qu'une variante

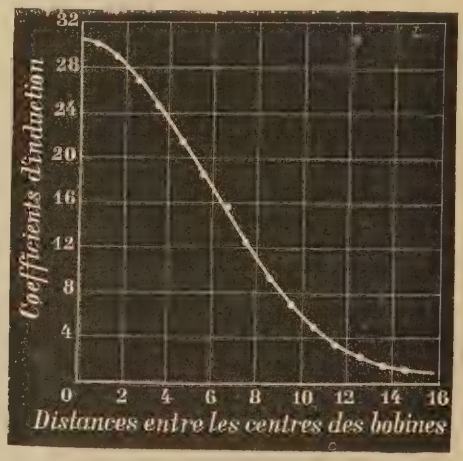


Fig. 5

d'une méthode donnée par M. A. Roiti pour la mesure, en unités absolues, de la capacité d'un condensateur; on tire, en effet, de la formule ci-dessus :

$$C = \frac{M}{p\,r}$$

d'où l'on voit que la mesure de C se ramène à

celle du coefficient d'induction mutuelle M, et de deux résistances p et r. Nous reviendrons, d'ailleurs prochainement, sur le mémoire du savant physicien italien.

M. F. Womack, a étudié l'exactitude qu'on peut atteindre avec cette méthode, en mesurant le coefficient d'induction mutuelle de deux bobines dans diverses positions.

La bobine primaire avait une longueur de 11,5 centimètres, un rayon moyen de 2 centimètres et une résistance de 1,65 ohm. Elle était placée à l'intérieur d'une bobine secondaire de 10,4 centimètres de longueur, de 194 ohms de résistance, dont les rayons intérieurs et extérieurs étaient respectivement de 2,55 centimètres et 3,83 centimètres. La capacité du condensateur était de 4,926 microfarads. Voici les valeurs obtenues dans une série de mesures faites en variant p et r.

r	p	$\frac{M}{C} = pr$
15	194 + 217	6165×10^{18}
14	247	6171
13	282	6188
12	322	6192
11	367	6171
10	423	6170
9	490	6156
8	576	6160
7	688	6174
6	835	6174
	Moyenne.....	$6172,4 \times 10^{18}$

d'où

$$M = 4,926 \times 10^{-15} \times 6172,4 \times 10^{18} = 3,0403 \times 10^{7}$$

En faisant varier la distance des bobines, M. Womack a obtenu les valeurs de M données comme ordonnées dans la figure 4, où les abscisses représentent la distance des centres des deux bobines.

Cette méthode donne des résultats relativement très exacts et sa simplicité la fera peut-être employer dans l'étude expérimentale des machines dynamo-électriques.

Dr A. P.

Sur l'intensité des courants téléphoniques, par Ch. Cross (1).

On admet généralement que l'intensité des courants téléphoniques, tels qu'ils sont utilisés dans l'exploitation d'un réseau, est très faible; on se base surtout sur les mesures de Warren de la Rue, qui a trouvé qu'un téléphone ordinaire émet encore un bruit sous l'influence d'un courant de $1,116\ 10^{-9}$ ampère, et sur celles d'autres physiciens qui ont confirmé ces résultats.

Dans toutes les considérations sur la sensibilité du téléphone, on a négligé, en général, un facteur important. Le son perçu ne dépend pas seulement de l'intensité du courant, mais aussi de la rapidité avec laquelle cette intensité varie, et l'influence de ce dernier élément est plus ou moins grande, suivant la qualité de la membrane.

La rapidité dans les variations d'intensité du courant dépend essentiellement du coefficient de self-induction du circuit; lorsque ce dernier augmente, cette rapidité, et partant la sensibilité du téléphone diminuent. Or, toutes les mesures ont été faites avec des circuits dont le coefficient de self-induction était très faible, et c'est pourquoi la sensibilité du téléphone a été trouvée plus grande qu'elle ne l'est en réalité dans la plupart des cas pratiques.

Cette sensibilité dépend aussi de la régularité suivant laquelle les variations d'intensité du courant se produisent. Or, dans la pratique, ces variations dépendant de la hauteur et de l'intensité de la voix à l'appareil transmetteur, sont très irrégulières, tandis que dans toutes les mesures on a utilisé des variations très régulières. Cette cause tend donc à rendre la différence encore plus grande entre la sensibilité du téléphone déduite des mesures précitées et celle qui est généralement utilisée dans un réseau téléphonique, par exemple.

M. Cross vient d'étudier récemment non pas la sensibilité du téléphone, mais l'intensité des courants émis par le téléphone magnétique et par quelques transmetteurs microphoniques, lorsque leur membrane est actionnée par les sons qui se reproduisent le plus souvent dans la conversation ordinaire. Il s'est borné pour l'instant à l'étude

(1) *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 1886, vol. XXI, p. 248.

des voyelles *a*, *i*, *o*, *ou*, mais il se propose d'étendre ses recherches.

L'intensité du courant était mesurée à l'aide d'un électrodynamomètre à suspension unifilaire et à fil fin de 206 ohms de résistance, étalonné par le courant d'un élément Daniell. Dans les mesures sur les transmetteurs à charbon, l'électrodynamomètre était intercalé dans le circuit secondaire d'une bobine d'induction dont la résistance était de 800 ohms environ ; avec le téléphone magnétique de Bell, il était placé directement dans le circuit de celui-ci.

L'électrodynamomètre n'était introduit dans le circuit qu'un instant après le commencement de l'émission du son, c'est-à-dire lorsque sa hauteur et son intensité étaient devenues constantes.

Voici les résultats obtenus avec les appareils étudiés, bien connus de chacun, et sur lesquels nous n'insistons pas. Tous les chiffres ci-dessous sont les moyennes de plusieurs mesures.

Transmetteur Hunning

	Intensité du courant	
Voyelle *a*	0,737	milliampère.
— *o*	0,787	—
— *ou*	0,503	—
— *i*	0,213	—
Son d'un tuyau d'orgue ut_4 (512 vibrations)	0,550	—

Microphone Fitch

Voyelle *a*	0,450	milliampère.
— *o*	0,548	—
— *ou*	0,442	—
— *i*	0,264	—
Son ut_4	0,361	—

Microphone Blake

Voyelle *a*	0,123	milliampère.
— *o*	0,144	—
— *ou*	0,114	—
— *i*	—	—
Son ut_4	0,132	—

Transmetteur Edison

Voyelle *a*	0,088	milliampère.
— *o*	0,123	—
— *ou*	0,144	—
— *i*	0,072	—
Son ut_4	0,072	—

Téléphone magnétique Bell

Voyelle *a*	0,550	milliampère.
— *o*	0,361	—
— *ou*	0,132	—
— *i*	0,072	—
Son ut_4	0,114	—

La grande intensité relative du courant produit par le téléphone Bell provient de ce qu'on place la bouche dans l'embouchure du téléphone, tandis qu'on se place toujours à une distance de 15 à 20 centimètres de la membrane du microphone.

L'auteur se propose d'étendre ses recherches en utilisant la méthode de mesure des courants alternatifs donnée par M. Joubert.

Dr A. P.

Sur les spectres magnétiques produits au moyen de substances peu magnétiques, par E. Colardeau (1).

Dans le cours d'expériences exécutées dans le but d'expliquer certains phénomènes curieux, qui se produisent lors de la précipitation électro-chimique de quelques sels métalliques, M. Colardeau a été amené à reconnaître quelques faits qui semblent en contradiction avec les phénomènes bien connus des fantômes magnétiques.

Si on opère avec des poudres de substance très magnétique, comme par exemple la limaille de fer, on sait qu'on obtient, sur une feuille de papier ou de verre à laquelle on imprime de légers chocs, un arrangement des particules, qui représente assez fidèlement l'orientation des lignes de force dans le champ.

On peut également employer des feuilles de tôle, mais, nous devons dire que ce procédé nous parait défectueux, en plaçant celle-ci sur les pôles de l'aimant étudié, on modifie considérablement la distribution du champ ; on obtient, cependant, encore dans ce cas, et avec de la limaille, des filets distribués suivant les lignes de force.

Mais d'après notre auteur, l'effet est tout autre quand on réalise le fantôme avec une poudre très fine de substance présentant *à un degré moyen* les propriétés magnétibues ; si par exemple on secoue

(1) Voir *Journal de Physique*, t. VI, février 1887.

cette poudre au dessus de la feuille de tôle dont nous avons parlé, elle se porte naturellement en excès au dessus des arêtes des pièces polaires, et en outre, elle se distribuera dans l'intervalle, en filets, et cela d'autant mieux qu'on appliquera à la plaque de légères secousses.

Mais, si on étudie les lignes ainsi formées, on voit comme cela ressort de l'inspection de la figure 1, qu'elles ne représentent nullement les

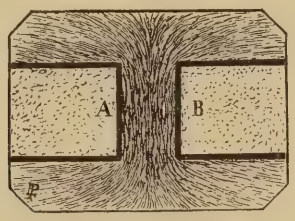


Fig. 1

lignes de force, mais bien leur système orthogonal, c'est-à-dire les équipotentielles.

Comme nous venons de le dire, la figure 1 représente le fantôme obtenu dans le cas de deux pièces polaires rectangulaires ; avec de la limaille de fer, et un diaphragme non magnétique, tel qu'une plaque de verre ou de cuivre, on obtient le fantôme des lignes de force, représenté sur la figure 2.

L'expérience est beaucoup plus facile à faire,

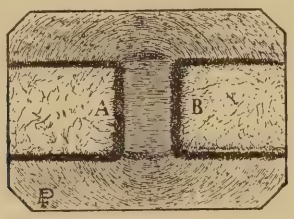


Fig. 2

en tenant la poudre de substance peu magnétique en suspension dans de l'eau additionnée d'un peu de gomme ; ou dans un vernis clair de gomme laque.

En répandant à la pipette le liquide sur les lames de fer, on voit les particules en suspension se mouvoir, pour se fixer suivant la position indiquée ; par l'évaporation, on obtient une image durable ; c'est par ce procédé qu'ont été obtenues les figures ci-dessus.

Les poudres avec lesquelles on obtient le mieux cet effet sont l'oxyde de fer rouge (colcothar), l'oxyde des battitures, et les oxydes de nickel et de cobalt, mais la substance qui s'y prête le mieux, est le sexquioxyde de fer, sous forme de fer oligiste cristalisé, soyeux et friable.

En employant des poudres fortement magnétiques comme l'oxyde magnétique naturel, le fer ou le cobalt réduits qar l'hydrogène, l'auteur ob-

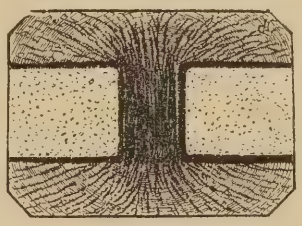


Fig. 3

tient alors un fantôme complexe, pareil à celui représenté par la figure 3, et qui résulte de la superposition des deux systèmes de lignes.

Ce spectre est plus difficile à obtenir avec les poudres sèches, il convient, surtout dans ce cas, d'opérer avec l'oxyde magnétique en suspension.

Cet effet se produit avec n'importe quelle forme de pièces polaires, mais non avec un diaphragme formé d'une substance non magnétique, ou avec une plaque trop épaisse.

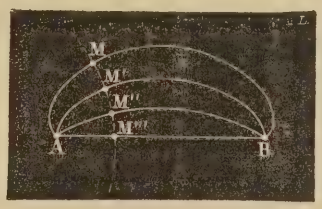


Fig. 4

Quelle est la cause de cette différence d'effet sur les poudres, suivant leur perméabilité? elle serait assez complexe d'après l'auteur, et son explication n'étant peut-être pas absolument satisfaisante, nous la reproduirons en entier.

« Soient deux pôles magnétiques de noms contraires A et B *(fig. 4)*, et une ligne de force AMB allant de l'un à l'autre. Plaçons dans le plan de la figure des grains de matière magnéti-

que. Ils vont s'aimanter par influence et prendre un pôle austral du côté de B et boréal du côté de A. Considérons, en particulier, ceux de ces grains qui sont sur la ligne AMB, et supposons les suffisamment serrés pour qu'ils soient en contact les uns avec les autres. S'ils sont fortement aimantés (c'est le cas du fer par exemple), ils adhèrent solidement les uns aux autres et forment un ensemble solidaire assimilable a un système de perles enfilées sur le fil AMB. »

« Or on sait que toute ligne de force présente une propriété remarquable énoncée par Faraday et interprétée théoriquement par Maxwell. D'après ces physiciens, elle est assimilable à un fil élastique tendu et elle cherche constamment à se raccourcir. Si donc nos grains de poudre, rangés le long de AB, n'éprouvaient aucun frottement sur leur support, la ligne suivant laquelle ils sont étalés, tendant à se raccourcir, se mettrait en mouvement tout d'une pièce et viendrait occuper successivement les positions AMB, AM'B, AM''B, jusqu'à AM'''B qui est la ligne de longueur minima. Si cela ne se produit pas spontanément dans l'expérience du spectre magnétique ordinaire, cela tient à ce que les grains éprouvent des frottements sur la feuille de papier qui les soutient, ou s'arc-boutent les uns contre les autres pour s'opposer au raccourcissement de la ligne. Mais tout le monde a pu voir ce raccourcissement s'opérer effectivement si l'on a soin de donner à la feuille de papier une série de petits chocs qui l'ébranlent et favorisent le mouvement des grains.

« Dans ce mouvement d'ensemble de toute la file, considérons l'un des grains M en particulier. Il se déplace avec les autres et passe successivement en M, M', M'', M'''. Il est aisé de voir qu'il trace, dans le plan, une trajectoire qui est orthogonale aux lignes de force. Si donc il abandonnait à chaque instant, sur la feuille de papier, quelques parcelles de sa propre matière, ces parcelles s'étaleraient dans le plan normalement aux lignes de force.

« Ceci posé, admettons maintenant que la poudre, au lieu d'être très magnétique, ne le soit que médiocrement. Les grains, tout en s'aimantant, n'auront les uns pour les autres qu'une adhérence très faible. Mais cela ne les empêchera pas d'éprouver, de la part du champ qui est assez énergique, les actions qui se traduisent sous une forme imagée par le raccourcissement des lignes de force. Pour prendre une comparaison, ces grains se trouveront dans le même cas que deux corps matériels de dimensions restreintes, placés à la surface du globe terrestre. Leur attraction réciproque est inappréciable à cause de leur faible masse, mais cela ne les empêche nullement d'être pesants, c'est-à-dire d'être sollicités, chacun pour leur compte, et d'une façon assez intense, dans le champ de la pesanteur terrestre qui est très énergique.

« Revenons alors à notre file de grains placés sur AMB. Nous voyons que, leurs attractions mutuelles étant faibles, ils cessent d'être solidaires les uns des autres d'une façon appréciable. Alors cette ligne de force qui les contient, en se raccourcissant graduellement par les chocs imprimés à la plaque, va laisser en route ceux de ces grains qui auront rencontré une rugosité ou un obstacle quelconque facile à imaginer, tandis que les autres continueront leur chemin.

« Si une seconde ligne de grains, en train de se raccourcir, vient alors à passer derrière la première, les grains déjà arrêtés vont bloquer à leur tour les nouveaux arrivants, et ainsi de suite. Ils deviendront donc, pour ainsi dire, chefs de file pour une série de grains qui s'arrêteront successivement contre cet obstacle. Et alors l'obstacle s'allongera lui-même peu à peu dans la direction d'où arrivent les grains, c'est-à-dire normalement aux lignes de force. De là les traînées observées dans ce spectre magnétique d'un nouveau genre, qui couvrent bientôt toute la plaque.

« On conçoit aisément que, d'après leur mode même de formation, ces filets puissent présenter plus d'épaisseur transversale et avoir des contours moins nettement arrêtés que ceux que l'on observe suivant les lignes de force dans les spectres ordinaires. En effet, les grains n'ont plus ici de solidarité les uns pour les autres dans le sens de leur étalement. L'examen des spectres obtenus est bien d'accord avec cette particularité que l'on retrouve, jusqu'à un certain point, sur notre figure 1, bien que le dessin ne puisse la rendre d'une façon absolument satisfaisante.

« Si la poudre employée est notablement magnétique, de façon que les grains aient une adhérence assez grande les uns pour les autres, dans le sens des lignes de force, les filets dirigés suivant ces lignes se couperont et se détruiront moins facilement que dans le cas précédent, mais rien n'empêchera cependant que quelques-uns des grains ne restent en route et ne produisent le

même résultat. On aura alors le double réseau de la figure 3.

« Toutefois, il est clair que l'expérience n'aura véritablement chance de réussir dans ce sens qu'autant que les grains n'auront pas une adhérence mutuelle exagérée donnant une trop grande solidité aux files orientées suivant les lignes de forces. Aussi, avons-nous déjà vu plus haut que la poudre d'oxyde magnétique naturel, moins magnétique que le fer métallique, se prête mieux que celui-ci à la formation du double réseau. De plus, il sera bon que les grains, pour s'arrêter facilement en route, aient une surface considérable par rapport à leur masse : ce qui sera réalisé en prenant un poudre très fine. On n'obtient, en effet, que de mauvais résultats avec de la limaille grossière.

« Il reste un dernier point à élucider. Nous avons vu que les effets obtenus cessent de se produire quand, à la lame de fer ou de nickel, on substitue une lame de cuivre ou de zinc. Ceci s'explique tout naturellement en remarquant que, pour que les forces du champ magnétique agissent efficacement sur le mouvement des grains, surtout quand ceux-ci sont peu magnétiques, il faut que le champ soit intense dans tout l'espace sur lequel on opère. Alors le fer et le nickel, en vertu de leur coefficient élevé d'induction et de perméabilité magnétique, ne doivent avoir d'autre effet que de concentrer, tout en la répartissant, l'énergie de ce champ sur toute la région qui environne les pôles. Ajoutons à cela que la position même de cette lame, au-dessous des grains, ne doit pas être sans influence, à cause de l'attraction normale qu'elle exerce sur eux vers le bas, attraction qui donne aux grains une adhérence plus grande avec la plaque, que celle qui résulterait de leur simple poids. Ces grains peuvent alors s'arrêter plus facilement en route, et se fixer ensuite plus solidement dans leur position d'arrêt. »

L'auteur a également employé les poudres magnétiques en suspension pour la représentation du champ d'une machine Gramme.

E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES
DE L'ÉTRANGER

Angleterre

L'aurore boréale. — L'observation d'une magnifique aurore boréale dans le nord de l'Ecosse, a dernièrement soulevé la question de savoir si l'aurore boréale est accompagné de bruits particuliers, ou non. Selon les renseignements de M. Lemstrom, plusieurs observateurs affirment avoir entendu des craquements et des sifflements accompagnant l'aurore boréale, tandis que d'autres déclarent n'avoir rien entendu. Un correspondant anglais écrit, à ce sujet, qu'au cours d'une expédition dans le nord, il s'était une fois éloigné du navire avec plusieurs personnes, en s'avançant sur la glace, quand ils ont observé une aurore boréale éclatante. Ils écoutaient attentivement pour entendre les sons en question et croyaient enfin les percevoir ; mais il suffisait de retenir leur haleine pour faire disparaître ces sons, ce qui démontre que ceux-ci provenaient simplement de la congélation de leur propre respiration, à cette température. Cet exemple ne prouve naturellement pas l'absence de tout bruit pendant les aurores boréales, mais il mérite peut-être d'être cité.

La pile au chlore de M. Upward. — Dans une de mes lettres antérieures, j'ai déjà parlé de la pile au chlore de M. René Upward, fabriquée à Londres, par MM. Woodhouse et Rawson, *Queen Victoria Street*, et sur laquelle, du reste, *La Lumière Électrique* a donné des détails complets. L'inventeur a dernièrement modifié sa pile et il lui a donné la forme représentée sur la figure .

On se rappelle que la pile est maintenue en activité par l'action d'une circulation de chlore. La nouvelle disposition adoptée à cet effet, est représentée sur la figure : AB est l'appareil générateur du gaz, D le réservoir et C C deux éléments reliés par des tuyaux entre le générateur et le réservoir. Le chlore circule ainsi à travers les éléments.

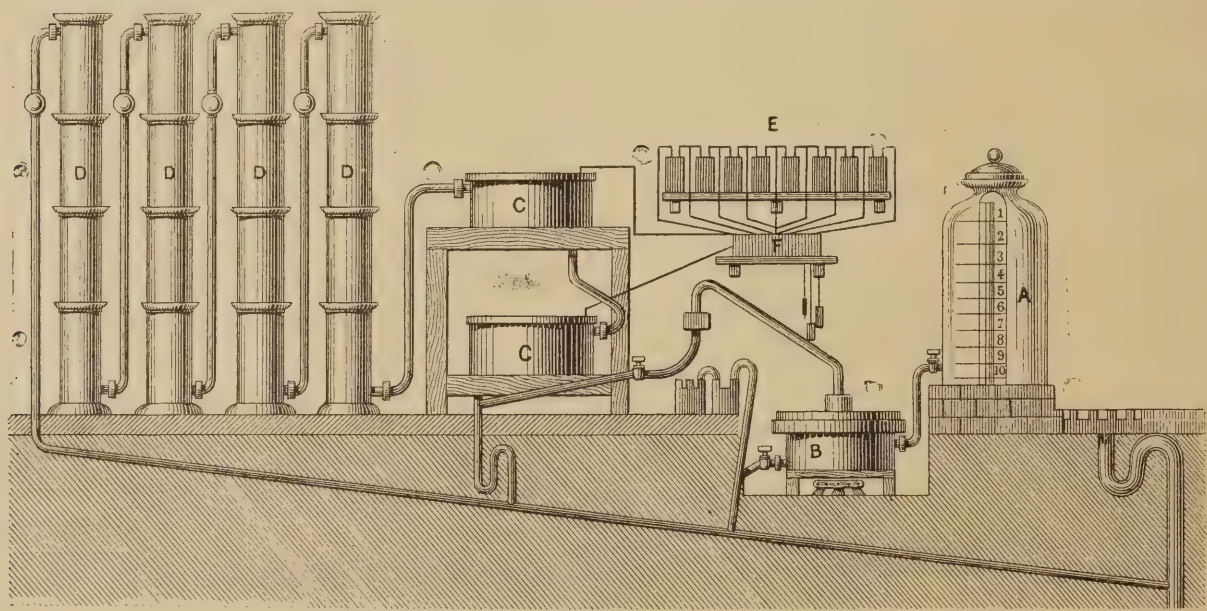
Il n'y a que deux éléments C, C dont la résistance intérieure est faible. Ils donnent une force électromotrice de 4 volts et servent à charger une batterie d'accumulateurs E au moyen d'un commutateur à mouvement d'horlogerie F qui établit et rompt successivement et automatiquement la communication entre les différents éléments de

la batterie et la pile de charge. La batterie entière des accumulateurs est ainsi chargée avec la faible force électromotrice de la pile primaire.

On compte maintenant une demi-heure pour la charge de chaque élément, de sorte qu'il faudra 5 heures pour charger une batterie d'accumulateurs de 10 éléments.

Les progrès de l'éclairage électrique. — Le projet de loi de Lord Thurlow tendant à modifier l'acte de 1882 sur l'éclairage électrique, a passé en seconde lecture dans la Chambre des Lords, et il aura sans doute bientôt force de loi. Comme ce projet est beaucoup plus favorable aux entrepreneurs d'éclairage électrique, il donnera, sans doute, un nouvel élan à l'industrie électrique de notre pays. L'éclairage électrique, et spécialement celui à l'incandescence, a dernièrement rencontré beaucoup de difficultés en Angleterre, tandis que l'éclairage à arc a été plus heureux. En effet, le premier mode d'éclairage a été limité surtout aux steamers, à quelques grands cafés, restaurants, bureaux, ou à des maisons particulières. L'éclairage des navires est en progrès continuel, malgré les conditions onéreuses de la loi de 1882.

Presque tous les paquebots transatlantiques sont aujourd'hui pourvus de la lumière électrique. Les constructeurs de navires sur la Clyde ont



actuellement presque tous un département d'électricité dans leurs chantiers, et ils traitent pour l'installation de la lumière électrique, comme partie de la construction. L'installation peut ainsi être mise en harmonie avec la décoration générale du navire.

On s'occupe également de l'éclairage électrique des trains de chemin de fer. Dans les trains comme sur les navires, la force motrice est toujours disponible.

La compagnie du chemin de fer *Brighton and South Coast*, poursuit actuellement des expériences d'éclairage électrique de ses trains, de même que la *North British Railway C°*. Les dernières expériences ont surtout eu lieu dans le grand tunnel, près de la gare de Victoria, à Glasgow.

Un conducteur est placé le long de la voie et mis en communication avec l'installation sur le train, au moyen d'un contact mobile. Dès que le train entre dans le tunnel, la communication est établie avec le train et quand celui-ci quitte le tunnel, la communication est interrompue. Le train est ainsi éclairé pendant son passage dans le tunnel.

Une exposition des ouvrages de Van-Dyck dans la galerie de Grosvenor, dans Bond Street, à Londres, est éclairée tous les soirs avec des lampes Swan. Cette installation forme le noyau d'un système d'éclairage, qui s'étend graduellement dans tout le voisinage. Une nouvelle dynamo, capable d'alimenter 7000 lampes (?) de plus vient d'être installée et la Compagnie qui fournit la

umière dans ce quartier, espère pouvoir alimenter 100,000 lampes l'année prochaine.

J. Munro

États-Unis

Interrupteur automatique pour les allumeurs électriques. — La commodité et l'absence de danger que présente l'emploi des allumeurs électriques ont fait adopter ces appareils pour l'allumage des becs de gaz dans les maisons. Les tuyaux du gaz forment généralement un côté du circuit électrique, et le fil venant de la pile passe souvent sur une assez grande distance le long de ces tuyaux et, par conséquent, tout près du circuit de retour.

Même dans le cas d'une construction très soignée, il devient donc nécessaire de pouvoir empêcher l'épuisement de la pile, par suite d'une mise en court circuit de la ligne. On se sert généralement d'un interrupteur automatique à cet effet. L'*Electric Gas Lighting C°*, de Boston, vient d'introduire une forme ingénieuse de cet appareil, représenté en perspective sur la figure 1, et destiné à protéger six circuits.

Le mécanisme se compose de six électro-aimants dont chacun est relié à un circuit séparé, mais qui sont tous en communication avec un autre électro-aimant placé dans le mouvement d'horlogerie de l'appareil.

Ce dernier actionne un pignon qu'on voit distinctement sur la figure 2. L'électro-aimant, dans le mouvement d'horlogerie, est muni d'une armature qui, normalement, appuie entre le volant et arrête le mouvement. Mais, quand un courant arrive sur la ligne, l'armature est éloignée et le mouvement d'horlogerie tourne en actionnant le pignon P.

En face de chacun des électro-aimants M (fig. 2) se trouve une crémaillère en fer doux qui peut se mouvoir librement, soit dans le sens vertical, soit dans le sens longitudinal; elle est normalement maintenue en avant par la tension d'un ressort en spirale.

L'extrémité antérieure de cette crémaillère est munie d'une entaille dans laquelle est logée une pièce ou isolant; un ressort droit, monté sur un support, appuie sur la crémaillère, et chaque circuit d'allumage est complété à travers les ressorts et les crémaillères.

Supposons maintenant qu'un bec doive être allumé. La crémaillère, qui n'engrène pas ordinairement avec le pignon, sera attirée par l'électro-aimant M et viendra en prise avec ce pignon, comme l'indique la figure 2; au même instant, l'électro-aimant, dans le mouvement d'horlogerie, aura attiré son armature et, par suite, le mouvement fera tourner le pignon. Nous avons supposé jusqu'ici que ces mouvements avaient lieu dès qu'un bec est allumé; mais, en réalité, la durée du courant est si faible, que l'action du courant n'a pas plutôt commencé qu'elle est arrêtée par l'interruption du circuit, de sorte que, pratiquement, aucun inconvénient n'a lieu à l'interruption.

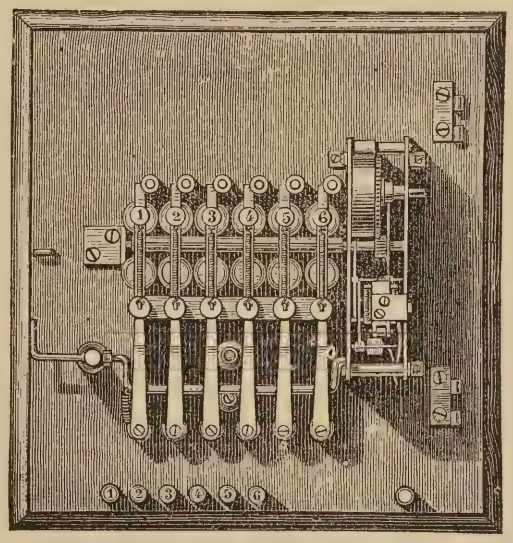


Fig. 1

Mais supposons maintenant qu'un court circuit se soit produit sur un des conducteurs. La crémaillère sera attirée par son propre électro-aimant. Le rouage sera mis en mouvement et déplacera la crémaillère à gauche, jusqu'à ce que le ressort (fig. 2) tombe sur la partie isolée de l'entaille, et il sert alors d'arrêt contre l'action du ressort en spirale.

Le circuit est naturellement rompu, l'aimant n'est plus excité, le ressort agissant sur la crémaillère, la fait sortir de prise d'avec le pignon; le mouvement d'horlogerie lui-même est arrêté par l'armature de son électroaimant, qui également n'est plus excité.

Le circuit en question est donc interrompu

d'une façon permanente, et quand on a trouvé le défaut, on peut remettre la languette du ressort en place au moyen de la manivelle representée figure 1, qui pousse une tige contre les languettes du ressort, de manière à le remonter au-dessus du niveau de l'entaille.

Les crémaillères sont toutes pourvues de dis-

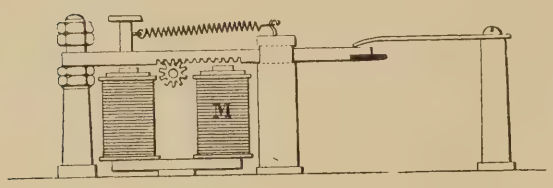


Fig. 2

ques numérotés, de manière à correspondre avec les bornes des différents circuits, et quand les crémaillères sont déplacées par suite d'un court circuit, le disque paraît, indiquant le circuit d'une manière visible.

Modification de l'armature Gramme, par M. Diehl. — L'un des grands inconvénients que présente l'emploi de l'armature Gramme dans les petits moteurs, est la difficulté qu'il y a de les enrouler à cause de l'espace restreint à l'intérieur de l'anneau. Pour remédier à cet in-

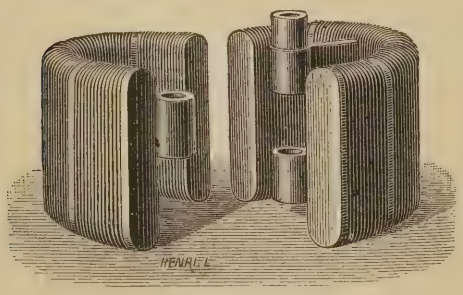


Fig. 3

convénient, M. Ph. Diehl a imaginé un modèle d'un enroulement facile.

Il y arrive en divisant l'armature en deux parties, ainsi qu'on le voit sur la figure 3 qui représente l'armature démontée. Celle-ci se compose de deux moitiés d'anneau, dont l'une est munie d'un seul et l'autre de deux charnons. En d'autres termes, la disposition est exactement pareille à celle de la charnière d'une porte.

L'enroulement du fil se fait séparément sur chaque demi-anneau, ce qui est facile à faire, et quand on les presse ensemble les charnons viennent en ligne; l'arbre passant au travers, le tout est maintenu solidement ensemble.

M. Diehl a également modifié le champ de ses petits moteurs.

Nouvelle ampoule pour lampes a incandescence. — La lumière électrique se prête tout spécialement à des *effets d'ornementation* et l'emploi de l'éclairage à l'incandescence, qui se répand de plus en plus dans les habitations, a beaucoup stimulé la production artistique de nouveaux types et d'accessoires de tous genres, destinés à obtenir des effets décoratifs.

La figure 4 représente la dernière nouveauté

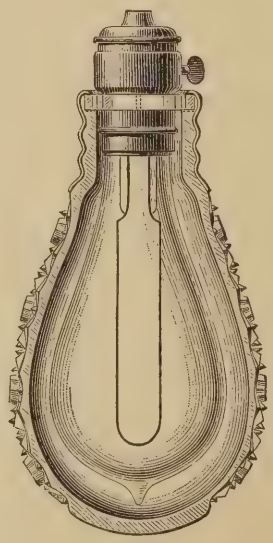


Fig. 4

dans ce genre, et nous paraît devoir ajouter beaucoup à l'effet esthétique de la lampe à incandescence. C'est une ampoule en flint, faite de deux pièces et richement ornée.

Les deux parties en sont jointes à la partie supérieure, dans le socle, comme l'indique la figure. Cette disposition, non seulement transforme la modeste ampoule en un brillant ornement, mais elle contribue également à adoucir la lumière sans la diminuer sensiblement.

Les ampoules sont munies de moyens de ventilation, et comme elles sont en deux pièces, il est facile de les placer et de les enlever.

On peut, naturellement, les construire pour n'importe quelle grandeur de lampe.

Le tramway électrique du système field. — Dans un des derniers numéros de *La Lumière Electrique*, nous avons décrit en détail, le moteur électrique projeté par M. Stephen D. Field, pour être appliqué aux chemins de fer aériens de New-York, et qui est en construction actuellement.

M. Field est parti de l'idée de réduire les détails à leur plus grande simplicité, en sorte qu'on peut employer des courants de haute tension avec sécurité, et que la position du moteur sur la ligne n'influe pas sur le potentiel aux bornes du moteur.

En nous occupant d'abord des particularités

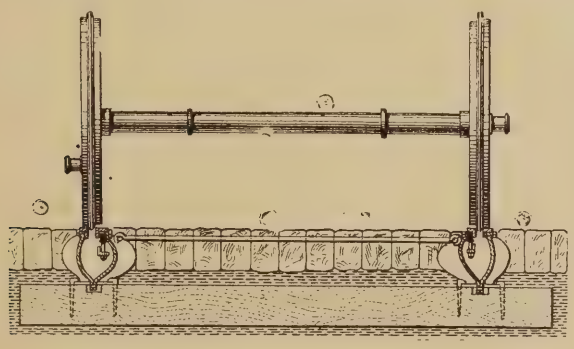


Fig. 5

mécaniques, on voit, suivant la figure 5, faite d'après les dessins d'exécution, et qui se rapporte à une ligne de 16 kilomètres avec 100 voitures sur chaque voie, que chacune de celles-ci consiste en deux rails en gouttières.

Les roues ont 75 centimètres de diamètre, et les caniveaux formés par les rails n'ont que 20 centimètres de hauteur.

Ces rails sont formés de deux sections boulonnées à la partie inférieure, et fixées au moyen de crampons sur les traverses en bois. De fortes nervures sont venues de fonte de chaque côté des sections.

En outre, des tenseurs en fer reliant la partie supérieure des rails, assurent leur raideur, et empêchent tout écartement ou rapprochement de l'ouverture du conduit.

On notera que les roues ont des bandages d'un diamètre différent de chaque côté du boudin, ce diamètre étant plus petit intérieurement.

Sur une partie droite de la voie, la jante extérieure de chaque roue porte sur le rail; mais dans les courbes, on s'arrange de manière que dans le rail intérieur, c'est également le côté intérieur de la roue qui porte; on évite ainsi le frottement ou glissement qui a lieu sur une voie ordinaire.

Les fers en cornières qui sont boulonnés à la partie supérieure du conduit, ne dépassent que de 6 millimètres environ le niveau du pavé, et leurs angles étant arrondis, ils ne présentent aucun obstacle à la circulation des voitures.

Des dispositions spéciales ont également été prises pour le drainage des conduites.

Les dispositions électriques employées par

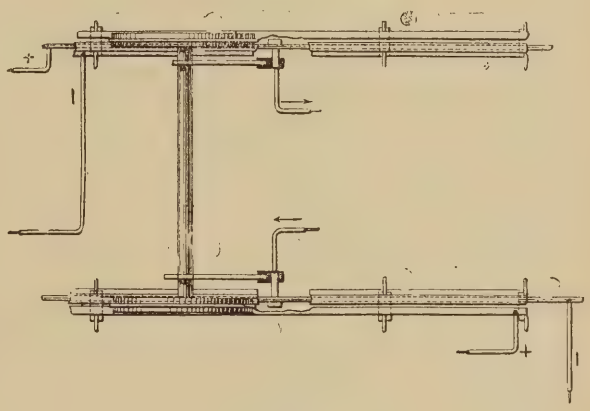


Fig. 6

M. Field dans son système, se distinguent également des systèmes antérieurs.

On remarquera sur la figure 5, que chaque caniveau renferme un conducteur porté par des supports isolateurs.

La figure 6 indique les communications de ces conducteurs avec la source du courant, les dynamos; comme on le voit, celles-ci sont placées à chaque extrémité de la ligne.

A l'une de ces extrémités, à gauche sur la figure, la borne positive de la machine est reliée au conducteur de l'une des conduites, tandis que la borne négative est à la terre ou ce qui revient au même, à la partie métallique des conduits.

A l'autre extrémité de la ligne, les connexions sont naturellement renversées.

Si nous supposons maintenant que chaque dy-

namo donne 250 volts, la différence de potentiel, *entre les conducteurs* et, par suite, aux bornes des moteurs sera de 500 volts.

Les circuits des moteurs relient le conducteur de l'un des conduits à l'autre. Le courant passe donc à travers les deux génératrices, les conducteurs, les rails et les essieux des voitures.

Si l'on néglige la résistance des conducteurs, les moteurs seront partout actionnés par la même difference de potentiel.

En détachant le moteur d'un des conducteurs isolés, et en complétant son circuit, en le reliant directement par la conduite métallique avec un des générateurs seulement, la différence de potentiel aux bornes est ainsi réduite de moitié.

Chaque voiture est pourvue d'un manipulateur

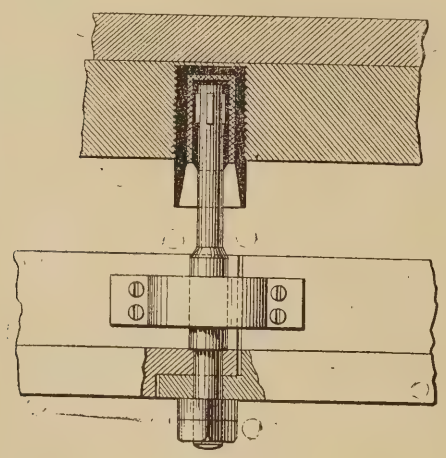


Fig. 7

de courant, au moyen duquel, le moteur peut être mis en relation, soit avec l'un, soit avec les deux conducteurs, puisqu'il est évident que chacun d'eux forme un circuit complet par lui-même, avec une force électromotrice de 250 volts; et que lorsqu'ils sont combinés, ils forment une ligne avec une force électromotrice de 500 volts.

De cette manière, on évite toute espèce de dispositif de commutateurs sur la voie.

L'isolation soignée et la stabilité des conducteurs est assurée par leur mode de suspension et d'attachement.

Ceux-ci sont indiqués clairement par les figures 7, 8 et 9 qui représentent des sections longitudinales et transversales, ainsi qu'un plan.

Le conducteur est muni d'une tige d'acier; il constitue ainsi un conducteur composé.

Les parties extérieures et intérieures des isolateurs sont en caoutchouc dur et entre elles il y a une couche de caoutchouc élastique vulcanisé.

Le tout est ensuite vulcanisé ensemble, de manière à former une seule masse.

Par l'adjonction du caoutchouc élastique, le conducteur est rendu susceptible d'une certaine

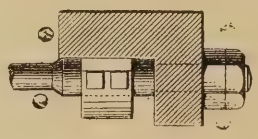


Fig. 8

flexibilité, en sorte, qu'il peut se déformer un peu sous la pression des balais de contact, sans donner lieu à des efforts anormaux sur les supports.

Aux joints des diverses sections du conducteur de cuivre, on a disposé des ponts flexibles, de manière à permettre les dilatations des conducteurs.

M. Field a aussi l'intention de munir la ligne qu'il se propose de construire, avec des tuyaux placés dans les caniveaux, et dans lesquels circulera de la vapeur en hiver, de manière à faire fondre toute la neige qui pourrait s'y introduire.

On remarquera, du reste, que les conducteurs sont placés tout à fait latéralement dans les con-

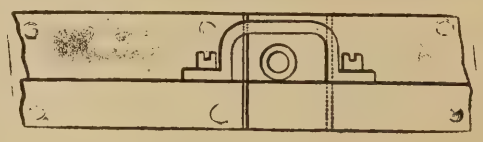


Fig. 9

duites, en sorte que la pluie ou la neige ne puisse pas les atteindre directement.

Il n'y a pas lieu de prévoir de dispositions spéciales pour le curage des conduites; comme elles n'ont guère que 20 centimètres de profondeur, on peut les curer facilement avec une pelle introduit par la fente, et au moyen de laquelle des matières étrangères sont évacuées dans les drains ménagés de distance en distance.

J. Wetzler

EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1889

—

RAPPORTS

—

Ouverture du soir. — Éclairage électrique

Rapport adressé à la Commission de contrôle et des finances par le Directeur général de l'exploitation

Lors de l'Exposition universelle de 1867 à Paris, il fut décidé que le parc du Champ-de-Mars, les établissements publics qu'il contenait et ceux situés au pourtour du Palais, resteraient ouverts, après la fermeture générale, de 6 heures à 11 heures du soir.

Les soirées de l'Exposition n'eurent aucun succès. L'éclairage au gaz y était insuffisant. Quelques représentations sans grande originalité, dans un théâtre mal disposé, quelques concerts donnés dans les salons du Cercle international, les parades en plein vent du jardin chinois, la musique de deux ou trois cafés concerts et la cuisine internationale des restaurants où le public allait plus volontiers déjeûner, ne parvinrent pas à attirer la foule qui, au bout de peu de semaines, préféra décidément rester dans Paris.

On se garda bien de renouveler pareille tentative en 1878.

Depuis que la lumière électrique est devenue d'un usage pratique pour l'éclairage usuel et l'illumination des grands espaces, les Expositions, telles que celles de Paris en 1881 au Palais de l'industrie, celle de Milan sur les rives du Pô en 1884, et celles de Londres dans les jardins de South-Kensington en 1885 et en 1886, ont ouvert leurs portes, le soir, avec un succès assez grand pour qu'il semble difficile de faire autrement en 1889, à moins de se résoudre à ce que l'attente et la curiosité du public soient fâcheusement déçues. En dehors de l'attrait permanent et considérable qu'il ne saurait cesser d'offrir par lui-même, l'éclairage électrique facilite l'installation et l'exploitation d'établissements de consommation ou de plaisir, dans des conditions particulièrement séduisantes; il permettra, en outre, l'organisation de fêtes d'un éclat incomparable, dans un local aussi vaste et aussi pittoresquement aménagé que le sera l'enceinte du Champ-de-Mars.

Il convient d'ajouter que l'industrie de l'éclairage électrique a pris, depuis une dizaine d'années, un développement extraordinaire, que ce développement devient de plus en plus considérable dans tous les pays, et qu'il est essentiel de permettre aux constructeurs d'exposer leurs appareils en état de fonctionnement, ce qui n'est possible que le soir.

Les rapports des jurys internationaux des récompenses des Expositions de 1862, 1867, 1878 et 1881 fournissent un aperçu partiel, mais suffisamment édifiant, des progrès successivement réalisés par la science et par l'industrie, dans l'éclairage électrique produit par des courants autres que ceux des piles.

A l'Exposition universelle de 1862, à Londres, on relata seulement deux machines magnéto-électriques d'un usage pratique, toutes deux dérivant de l'ancienne machine de démonstration de Clarke. La première, exposée par la *compagnie française l'Alliance*, avait été imaginée par Nollet, professeur de physique à l'École militaire de Bruxelles, pour servir à la décomposition de l'eau dans le but de produire du gaz destiné à produire la lumière. Les perfectionnements apportés à cette machine par M. Masson, professeur à l'École centrale, permirent ensuite de l'utiliser pour actionner des régulateurs à charbon (lampes à arc); dès l'année 1863, elle servit à l'éclairage des phares de la Hève. Dans la section anglaise figurait la machine magnéto-électrique de Holmes. On remarqua de plus à l'Exposition de 1862 le régulateur de M. Dubosq, qui n'était qu'un perfectionnement de celui présenté par Foucault à l'Académie des sciences en 1840, et le régulateur automatique de M. Serrin, qui est encore en usage dans le service des phares.

En 1867, à Paris, à côté des machines électro-statiques de Holtz et de Siemens, on ne signala encore que deux machines magnéto-électriques : en France, celle de l'*Alliance*, totalement modifiée, grâce aux perfectionnements apportés par M. Van Malderen, et celle de M. Ladd, dans la section anglaise. L'année 1867 a vu, en dehors de l'Exposition, l'apparition de la machine dite *dynamo-électrique*, destinée à convertir l'énergie sous forme de mouvement mécanique en énergie sous forme de courants électriques, ainsi que l'a défini son constructeur, le docteur W. Siemens en la présentant, le 17 janvier 1867, à l'académie de Berlin. Une machine analogue, mais moins usuelle, imaginée par un Anglais, M. Wilde, paraît avoir précédé, en 1866, celle du docteur W. Siemens. En fait de lampes régulateurs, l'Exposition de 1867 vit figurer celles de M. Gaiffe (France) et celles de M. Jaspar (Belgique), à côté des anciens types de M. Dubosq et de M. Serrin.

En 1878, c'est dans la section française que se trouvèrent exposées toutes les machines à lumière électrique. On y retrouve la machine de l'*Alliance*, qui partagea le grand prix d'honneur avec une nouvelle venue, la *machine Gramme*, qui avait fait brillamment sa première apparition à l'Exposition de Vienne, en 1873. La machine dynamo-électrique de M. Gramme eut immédiatement sur la machine de l'*Alliance* l'avantage d'être d'un volume restreint, d'un prix abordable et d'une construction simple. A côté de son type primitif de machines à courants continus, M. Gramme exposa, en 1878, des machines à cou-

rants alternatifs, destinées aux bougies Jablochkoff, qui venaient de permettre de grefler sur une seule machine plusieurs foyers d'une intensité modérée. Ce ne fut qu'après l'Exposition de 1878 que M. Jablochkoff parvint à construire un commutateur destiné à prolonger la durée d'éclairage de ses lampes, en faisant passer automatiquement le courant de la bougie consumée dans une autre bougie dressée parallèlement. Ce fut pendant l'Exposition de 1878 que M. Lontin rendit plus décidément industriel l'emploi de la lumière électrique, en obtenant sa divisibilité, dont le compoundage des machines dynamo-électriques devait, bientôt après, assurer le principe et la possibilité. Un assez grand nombre de régulateurs de différents systèmes se trouvèrent exposés en 1878 au Champ-de-Mars, celui de M. Carré, avec son mouvement d'horlogerie, et celui de M. Lontin, avec sa bobine de dérivation, furent très remarqués, à côté de ceux de MM. Serrin, Dubosq, Hallé et Demersanne. Concurremment avec ces appareils de lumière électrique à arc, apparurent les lampes à incandescence dans l'air, imaginées par M. Régnier.

Il est à peine besoin de rappeler les immenses et rapides progrès accomplis pendant les trois années suivantes et qui furent relevées par l'Exposition internationale d'électricité ouverte à Paris, en 1881, dans le Palais de l'Industrie. Les lampes à incandescence dans le vide y firent leur première apparition en France et furent un des principaux éléments du succès obtenu. L'éclairage électrique de cette Exposition utilisa une force motrice d'environ 1,350 chevaux-vapeur, avec tous les systèmes connus de générateurs d'électricité ; cet éclairage comporta le fonctionnement de 1,383 foyers électriques de 24 types différents ; l'intensité lumineuse produite fut de 50,000 à 60,000 becs Carcel, supérieure par conséquent à l'éclairage public de Paris, qui n'équivalait, à cette époque, qu'à 49,000 becs Carcel.

L'éclairage électrique de l'Exposition d'électricité de 1881 fut assuré pendant 84 soirées, du 27 août au 18 novembre, par un syndicat d'exposants à la tête duquel était placé M. H. Fontaine, président de la Chambre syndicale des industries électriques. L'Administration accordait au syndicat une somme fixe de 10,000 francs et un prélèvement de 50 centimes par visiteur payant, le soir ; le prix d'entrée de la soirée étant de 1 fr. 50 par personne en semaine et de 1 franc le dimanche. A ces conditions, le syndicat se chargeait d'éclairer toutes les parties du Palais de l'Industrie dans lesquelles la lumière ne serait pas répandue d'une façon suffisante au moyen des appareils divers exposés en état de fonctionnement par les constructeurs français et étrangers. Il fournissait, en outre, gratuitement, les courants pour les expériences nécessaires aux travaux du Congrès international des électriciens, qui fut réuni pendant la durée de l'Exposition.

Le nombre des visiteurs payants s'est réparti ainsi qu'il suit :

Entrées payantes	Matinée et après-midi (du 11 août au 18 novembre) fr.	297,600
	Soirée (du 27 août au 18 novembre)..... fr.	377,696
		675,296

Le syndicat a touché, pour son prélèvement, 189.150 fr. 33 cent.

Une partie des dépenses du syndicat a été compensée, d'autre part, par sa fourniture aux exposants, de la force motrice et des courants nécessaires pour actionner les appareils autres que ceux de l'éclairage, à un prix arrêté d'accord avec l'Administration.

Se référant aux précédents de l'Exposition internationale d'électricité de Paris, en 1881, le Directeur général de l'exploitation a pensé qu'un semblable système pourrait être adopté pour assurer l'éclairage électrique, et, par suite, l'ouverture de l'Exposition de 1889, pendant les soirées, sans entraîner l'Administration dans un chiffre exagéré de dépenses supplémentaires, et, surtout, sans lui faire courir des risques réels de pertes d'argent.

En conséquence, il a adressé, dès le 21 août 1886, la lettre suivante au Président de la chambre syndicale des industries électriques :

Paris, le 21 août 1886.

Monsieur le Président,

Un de mes premiers soins, en prenant possession de mes fonctions de Directeur général, a été de m'inquiéter de l'éclairage électrique des locaux couverts et découverts de l'Exposition de 1889.

J'estime, en principe, qu'il conviendrait d'établir, comme je l'avais fait sur une plus petite échelle en 1881, au Palais de l'Industrie, une entente entre l'Administration de l'Exposition et les exposants électriciens.

En 1881, je m'étais adressé, tout d'abord, au Président de la chambre syndicale d'électricité. Je considère que j'ai le devoir d'agir de même aujourd'hui.

Je vous serai donc obligé de vouloir bien saisir vos honorables collègues de cette question, qui demande à être étudiée longuement et sérieusement.

La démarche que je fais aujourd'hui auprès de vous sera l'origine de pourparler entre nous, qui mettront à même de présenter à M. le Ministre et à la Commission de l'Exposition les bases d'un projet et, peut-être, d'un contrat.

Je suis tout à votre disposition pour vous fournir les renseignements qui pourront sembler utiles.

Agréez, Monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

Le Directeur général,

Signé : G. Berger

Le Directeur général de l'exploitation a reçu, en date du 7 février 1887, la lettre suivante, qui lui avait été

annoncée par M. le Président de la Chambre syndicale des industries électriques, en accusant réception de la communication du 21 août 1886 :

Paris, le 7 février 1887.

A Monsieur le Directeur général de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889.

Monsieur le Directeur général,

Votre lettre du 21 août dernier au Président de la Chambre syndicale des électriques a été communiquée aux intéressés et a donné lieu à divers pourparlers entre les représentants des principales compagnies françaises s'occupant d'éclairage électrique.

Ces compagnies se sont mises d'accord pour vous présenter, sous le patronnage de la Chambre syndicale des industries électriques, le projet suivant :

« Les soussignés,

« Fontaine (Hippolyte), agissant au nom et pour le compte de la Société des machines magnéto-électriques Gramme, dont le siège social est à Paris, 15, rue Drouot, et de la Compagnie électrique, Société anonyme au capital de 1,500,000 francs, dont le siège social est à Paris, 42, avenue Philippe-Auguste;

« Lemonnier (Paul), agissant au nom et pour le compte de la Société en commandite Sautter-Lemonnier et Cie, au capital de 2,000,000 de francs, dont le siège social est à Paris, 26, avenue de Suffren;

« Martin (Eugène), agissant au nom et pour le compte de l'Éclairage électrique, Société anonyme au capital de 2,750,000 francs, dont le siège social est à Paris, 250, rue Lecourbe;

« Rau (Louis), agissant au nom et pour le compte de la Compagnie continentale Edison, Société anonyme au capital de 3,500,000 francs, dont le siège social est à Paris, 8, rue Caumartin;

« Et Sciama (Gaston), agissant au nom et pour le compte de la Maison Breguet, Société anonyme au capital de 3,000,000 de francs, dont le siège social est à Paris, 39, quai de l'Horloge;

« Ont l'honneur de vous exposer qu'après avoir pris connaissance du plan des différentes parties de l'Exposition dont l'éclairage pourrait être décidé, et après s'être rendu compte des frais que nécessiterait cet éclairage, ils seraient disposés à l'entreprendre aux conditions suivantes :

« Les soussignés prendraient à leur charge, risques et périls, la construction et la pose de toutes les machines et appareils exigés par ledit éclairage, et son entretien pendant toute la durée de l'Exposition. L'appareillage des terrasses découvertes du Palais principal, du palais des Beaux-Arts et du palais des Arts libéraux, serait fourni par l'Administration de l'Exposition. L'appareillage de la galerie des machines, des jardins et des espaces découverts, serait exécuté par les soussignés, à leurs frais, et sur dessins approuvés par l'Administration de l'Exposition.

« Pour mener cette œuvre à bonne fin, les soussignés s'engageraient à former un syndicat, et à admettre dans ce syndicat tous les exposants d'éclairage électrique, sans distinction de nationalité, qui adhéreraient aux conditions imposées par l'Administration et aux statuts du syndicat, et qui participeraient à tous les avantages de l'entreprise, sans aucune exception.

« De son côté, l'Administration de l'Exposition donnerait aux soussignés et à leurs adhérents la concession exclusive de l'éclairage des divers locaux : cafés, théâtres, restaurants, water-closets, etc., concédés dans les parties de l'Exposition ouvertes le soir. Cette concession serait faite à des conditions de prix et d'entretien approuvées par l'Administration.

« Si ces conditions vous agréent, les soussignés pourraient vous soumettre un projet de convention, et préparer sans retard la formation du syndicat international dont il vient d'être question. »

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur général, l'assurance de notre respectueux dévouement.

Signé :

Pour la Société Gramme, *L'Administrateur*, FONTAINE.	Pour l'Éclairage électrique, *Le Directeur*, E. MARTIN.
Pour la Société Sautter-Lemonnier et Cie, P. LEMONNIER.	Pour la Cie continentale Edison, Louis RAU.
Pour la Maison Breguet, *Le Directeur*, SCIAMA.	Pour la Cie électrique, *Le Président de Conseil*, FONTAINE.

Dans l'intervalle écoulé entre l'échange des deux lettres ci-dessus, le Directeur général de l'exploitation s'était mis d'accord avec M. le Ministre du commerce et de l'industrie, et M. le Directeur général des travaux pour déterminer les parties de l'Exposition qui devraient rester ouvertes le soir, et être éclairées électriquement.

Il a été convenu, sauf avis contraire de la Commission du contrôle et des finances, que l'enceinte du Champ-de-Mars resterait seule accessible au public pendant les ouvertures du soir, et que, dans cette enceinte, les bâtiments des sections industrielles, le palais des Arts libéraux et le palais des Beaux-Arts, à l'exception de leur vestibules et des galeries latérales, réservées aux concessionnaires, ainsi que du passage couvert de 30 mètres qui conduit à la grande nef des machines, seraient fermés à partir de six heures.

En conséquence, il s'agirait d'éclairer :

1° L'ensemble du parc du Champs-de-Mars, avec les bandes de jardins comprises entre la grande nef des machines et les bâtiments des sections industrielles;

2° La grande nef des machines;

3° Le grand passage couvert de 30 mètres, qui conduit à la grande nef des machines; et les deux vestibules qui séparent le palais des Beaux-Arts d'une part et les palais des Arts libéraux de l'autre, des bâtiments des sections industrielles;

4° Les bâtiments de service et les établissements publics, qui pourront être placés dans l'enceinte du parc du Champ-de-Mars;

5° Les galeries latérales de 15 mètres occupées par les concessionnaires.

Si les propositions contenues dans la lettre adressée au Directeur général de l'exploitation doivent être prises en considération, et, en tenant compte des précédents de l'Exposition de 1881, il y a lieu de distinguer dans la nomenclature des parties de l'enceinte du Champ-de-Mars à pourvoir de lumière électrique, celles que le syndicat éclairerait pour le compte des concessionnaires.

Seraient éclairés pour l'Administration : l'ensemble du parc et des jardins, la grande nef des machines, le grand passage couvert de 30 mètres, les deux vestibules qui séparent les palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux des bâtiments des sections industrielles, les bâtiments de services où seront placés les postes de police et de pompiers, le service des douanes et de l'octroi et le service médical, ainsi que les guichets de contrôle aux entrées. Les appareils d'éclairage de ces parties de l'Exposition seraient choisis et répartis d'accord avec le Directeur général des travaux, ainsi que les appareils spéciaux destinés à illuminer les cascades et eaux jaillissantes.

Seraient éclairés pour le compte des concessionnaires tous les établissements publics installés dans les galeriee latérales de 15 mètres, ou situés dans les parcs et jardins. L'éclairage des établissements installés dans les galeries de 15 mètres comporterait deux zônes : la zône intérieure, c'est-à-dire l'ensemble des espaces laissés libres, en terrasses couvertes, depuis les devantures jusqu'à l'alignement des colonnes extérieures. La zône intérieure serait éclairée aux choix des concessionnaires au gaz, ou à la lumière électrique par incandescence, étant entendu que, dans le cas où ils préféreraient ce dernier mode d'éclairage, ils seraient tenus de s'adresser exclusivement au syndicat; l'Administration engagerait ce dernier à établir des prix qui, à intensité égale, ne seraient pas sensiblement supérieurs à celui du gaz fourni aux particuliers, frais d'appareillage compris. La zône extérieure, où les concessionnaires pourrait établir des tables sur une largeur de $3^m,75$, en laissant $3^m,75$ en bordure pour la circulation du public, serait éclairée exclusivement à la lumière électrique, au moyen de régulateurs.

Les régulateurs seraient répartis d'accord avec le Directeur général des travaux de manière à ce que leur aspect d'ensemble soit en harmonie avec l'architecture des galeries; afin que ce dernier résultat soit complètement obtenu, l'Administration fournirait les enveloppes et les supports de ces régulateurs dont les formes constitutives varient nécessairement suivant les systèmes.

Le syndicat fournirait tout l'appareillage (supports et suspensions des autres locaux éclairés par lui, d'accord avec l'Administration.

La question de l'éclairage de la tour Eiffel serait réservée.

Le tableau ci-dessous indique les superficies à éclairer dans chacun des cas qui viennent d'être prévus.

I. Surfaces devant être éclairées par l'administration

	Surfaces m q.
Surfaces découvertes :	
1° Parc du Champ-de-Mars.....	241,725
Bandes de jardins comprises entre la grande nef des machines et les bâtiments des sections industrielles.....	10,500
Surfaces couvertes :	
2° Grande nef des machines (surface horizontale).....	63,000
3° Grand passage couvert de 30 mètres, qui conduit à la grande nef des machines.....	5,250
Vestibule séparant les palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux des bâtiments des sections industrielles.....	7,200
4° Bâtiments du service de l'exploitation.	1,800
Bâtiment des pompiers, etc.....	800
II. Surfaces devant être éclairées pour le compte des concessionnaires.	
5° Galeries latérales de 15 mètres coupées par les restaurants, cafés, bars, etc.....	14,470
Total général.....	344,745

Nota. — Ce tableau ne contient pas les espaces à éclairer comportés par les établissements qui pourront rester ouverts dans le parc.

Les signataires de la lettre adressée au Directeur général de l'exploitation s'engagent, d'autre part, en leurs noms propres et au nom du syndicat à former, à prendre à leur charge, risques et périls, la construction et la pose de toutes les machines et appareils exigés par ledit éclairage. L'Administration aurait à stipuler que ces machines et appareils seront choisis exclusivement parmi ceux admis par les comités d'admission français, ou compris dans les expositions étrangères ; en un mot, que ces machines et appareils seront des objets d'exposition. En ce qui concerne la force motrice nécessaire, le syndicat serait tenu de faire ses efforts pour mettre en évidence le plus grand nombre possible de moteurs acceptables au

point de vue mécanique, quitte à demander aux exposants de ces moteurs de supporter le supplément des dépenses de toute nature que pourrait entraîner leur fonctionnement, comparativement à celui de machines non supérieures comme travail accompli, mais plus économiques ; il en serait de même à l'égard des exposants en état de fournir la force par transmission à distance au moyen de l'électricité, de l'eau comprimée, de l'air comprimé ou raréfié. Il serait convenu aussi que, pour le bon aspect de l'Exposition, aucun fil ou câble, ne pourrait traverser aériennement les perspectives du parc du Champ-de-Mars. Les circuits seraient posés dans les meilleures conditions d'isolation et hors de portée de la main des visiteurs; les projets de l'installation de l'éclairage électrique devraient d'ailleurs être soumis, avant toute exécution, à l'examen du comité technique d'électricité, nommé pour assister le Directeur général de l'exploitation.

L'Administration tiendrait la main à la stricte exécution de la clause du contrat, qui spécifierait que le syndicat serait largement ouvert à tous les exposants d'éclairage électrique sans distinction de nationalité. Le Directeur général de l'exploitation sait de bonne source que les statuts du syndicat seront rédigés dans un sens très libéral, et que tous les industriels-constructeurs s'occupant sérieusement d'éclairage électrique sont disposés, dès maintenant, à adhérer ; il a reçu, entre autres, de M. Thomas Edison, une lettre personnelle par laquelle ce célèbre électricien promet son concours dans la plus large mesure. Il n'y a donc pas lieu de redouter la formation du moindre syndicat concurrent, qui serait en droit d'attaquer le soi-disant monopole accordé à celui qui est sur le point de se former. L'Administration ne traitera d'ailleurs avec ce dernier que lorsqu'elle connaîtra sa composition.

L'éclairage total des parties de l'Exposition du Champ-de-Mars laissées ouvertes pendant la soirée aurait une intensité de 300,000 becs Carcel, c'est-à-dire équivalente à quatre fois et demie environ l'intensité lumineuse de l'éclairage municipal actuel au gaz de la Ville de Paris. Le syndicat fournirait à peu près 250,000 becs Carcel, et les 50,000 autres seraient dus aux exposants électriciens qui tiendront à avoir leur exposition particulière d'éclairage électrique, en dehors de toute participation à l'éclairage dû par le syndicat. La force motrice nécessaire pour obtenir cet éclairage serait de 3,000 chevaux-vapeur ; mais, afin de parer, à tout accident qui pourrait amener des extinctions partielles, l'Administration exigerait des machines à vapeur et des machines dynamo-électriques de secours pour une force motrice de 1,000 chevaux. Les dépenses du syndicat dans ces conditions, en admettant 150 à 180 soirées d'éclairage, seraient de 2,500,000 à 3,000,000 de francs. Le syndicat ne s'engagerait qu'à la condition que l'Exposition fût ouverte tous les soirs ; sinon, il lui serait impossible de récupérer sa dépense, attendu qu'entre autres frais qui deviendraient excessifs, il aurait à payer son personnel comme s'il travaillait chaque soir, afin de pouvoir compter sur lui.

Le syndicat aurait droit, comme première rémunération, à la moitié des entrées du soir, dont le prix serait fixé ordinairement à 2 francs par personne, de telle façon que l'Administration de l'Exposition soit, de son côté, assurée pendant la journée, d'une recette minima de 1 franc par visiteur.

Comme seconde rémunération, le syndicat aurait le payement de l'éclairage qu'il fournirait aux concessionnaires suivant un tarif approuvé par l'Administration, dont les bases ne sauraient être encore établies même approximativement. Si des fêtes extraordinaires du soir venaient à être décidées avec un prix d'entrée supérieur à 2 francs, le syndicat continuerait à ne toucher que 1 franc par visiteur payant ; mais si l'organisation de ces fêtes comportait un éclairage électrique supplémentaire, les frais de celui-ci seraient remboursés intégralement au syndicat par l'Aministration.

Il serait entendu, en outre, que dans le cas où le syndicat viendrait en fin de compte, à réaliser un bénéfice net supérieur à 500,000 francs, l'excédent serait partagé, par moitié, avec l'Administration.

Si l'Administration est autorisée à traiter dans les conditions ci-dessus énoncées avec le syndicat de l'éclairage électrique, le produit des entrées et celui des redevances payées par les concessionnaires sera considérablement augmenté, car tout porte à espérer que le public cosmopolite que l'Exposition aura attiré à Paris et les Parisiens eux-mêmes, se porteront en foule, le soir, à l'Exposition brillamment illuminée et rendue attrayante par beaucoup de moyens auxquels l'éclairage électrique permettra d'avoir recours. Vingt mille entrées par soirée feraient, pendant 150 soirées, une recette de 3 millions de frais. Mais l'Administration aurait à supporter des dépenses supplémentaires, qu'il est possible d'évaluer comme il suit :

Appareillage extérieur de l'éclairage des terrasses des galeries latérales de 15 mètres (120 lanternes de régulateurs, à 100 francs l'une)..... fr.	12,000
Mise en mouvement des machines exposées, pendant 150 soirées.....	200,00
Frais de police et de surveillance, personnel supplémentaire.....	45,000
Total.....	257,000

Le Directeur général de l'exploitation se plaît à reconnaître que les signataires de la lettre qu'il a reçue font preuve, dans leurs pourparlers, d'une largeur d'idées et d'un désintéressement relatif, qui seront partagés, il faut l'espérer, par tous les membres du syndicat. Celui-ci aura néanmoins à sauvegarder des intérêts considérables, et des observations ont été faites, en conséquence, au sujet du grand nombre d'entrées gratuites qui pourront être accordées. Si tous les membres des commissions, de comités et des jurys fonctionnant près l'Exposition obtiennent des cartes permanentes d'entrée, quitte à l'Administration à s'entendre à cet égard avec l'association de ga-

rantie, conformément à l'article 8 de la convention du 27 mars 1886, le nombre des entrées payantes, le soir, pourra être singulièrement diminué. N'y aurait-il pas lieu de scinder l'Exposition en deux, celle de la journée et celle du soir, et de décider :

1° Que les cartes des exposants, dont les installations seraient établies dans des enceintes et des locaux non ouverts le soir, ne seraient valables que pour la journée ;

2° Que les exposants dont les installations seraient situées dans des enceintes et locaux maintenus ouvers le soir recevraient, indépendamment de leur carte d'entrée diurne, une carte d'un modèle différent, valable pour le soir;

3° Que les membres des commissions, comités et jurys fonctionnant près l'Exposition, n'auraient droit à aucune carte d'entrée gratuite, mais qu'ils auraient le privilège d'acquérir, moyennant 24 ou 30 francs, une carte permanente d'entrée diurne, et que moyennant un supplément de 6 francs, cette carte serait valable le soir.

L'Administration tiendrait alors compte au syndicat de l'éclairage électrique de 3 francs par carte de cette dernière catégorie valable pour le soir.

Une difficulté matérielle assez sérieuse se présente, quant aux moyens d'assurer au syndicat, aussi intégralement que possible, la perception de 1 franc par visiteur passant la soirée à l'Exposition Il serait difficile, en effet, de faire évacuer totalement, à six heures du soir, l'enceinte du Champ-de-Mars, quitte à en rouvrir les portes une heure après, au prix de 2 francs par personne, afin de permettre qu'on puisse y dîner. Les personnes venues dans l'après-midi avec l'intention de rester jusqu'à une heure avancée de la soirée ne toléreraient pas l'obligation d'une sortie momentanée ; il serait également difficile de faire payer aux visiteurs restant dans le Champ-de-Mars après six heures le prix du soir ou même une taxe supplémentaire de 1 franc ; le contrôle, qui deviendrait nécessaire pour cela, serait aussi vexatoire pour le public qu'illusoire pour l'Administration.

Le meilleur parti à prendre serait d'exiger le prix du soir (2 francs) à toutes les portes de l'Expositon, à partir de quatre heures et demie ou cinq heures de l'après-midi. Chaque visiteur entrant dans ces conditions jusqu'à onze heures du soir recevrait un billet timbré à la date du jour, sur lequel il serait inscrit :

1° Que les portes de l'Exposition seront fermées à six heures du soir et que les seuls visiteurs munis d'un semblable billet pourront fréquenter l'enceinte du Champ-de-Mars après cette heure ;

2° Que la présentation de ce billet ne pourra jamais servir pour entrer par une porte quelconque sans acquitter le prix réglementaire ;

3° Que ce billet devra être présenté à toute réquisition des agents de la surveillance intérieure. Cette dernière clause serait de nature à faire réfléchir beaucoup de visiteurs entrés avant quatre heures et demie ou cinq heures au prix de 1 franc, qui auraient la tentation de rester dans le Champ-de-Mars pour la soirée.

Les billets délivrés aux visiteurs du soir seraient numérotés par séries de couleurs variables et serviraient de contrôle pour la vérification des sommes dues au syndicat. Ce dernier s'engagerait, dans son contrat, à subir les conséquences d'un état de choses auquel la condition de ne pas fermer les portes de l'enceinte du Champ-de-Mars entre l'heure d'ouverture du matin et onze heures du soir empêcherait de porter absolument remède.

S'il venait à être décidé que l'enceinte du Trocadéro resterait ouverte le soir, les règles ci-dessus prévues pour la seule enceinte du Champ-de-Mars pendant la soirée seraient appliquées aux deux enceintes réunies en une seule. L'Administration aurait, comme dépense nouvelle à supporter, celle de l'éclairage au gaz du Trocadéro et du pont d'Iéna.

Les observations contenues dans le présent rapport ont été soumises au Conseil administratif de Direction, à la sous-commission de l'exploitation réunie à celle des travaux et à la sous-commission des finances, qui ont émis des avis favorables sur le principe de l'ouverture du soir et de l'éclairage par un syndicat accessible internationalement à tous les industriels, ainsi qu'à toutes les sociétés s'occupant d'éclairage électrique ou de construction de moteurs à vapeur et autres appropriés à ce mode d'éclairage.

Le Directeur général de l'exploitation,
GEORGES BERGER

FAITS DIVERS

Il est question d'établir le gaz dans le Nouveau Cirque. Cette mesure serait le résultat du procès dont nous avons parlé récemment, les réparations ordonnées par le tribunal étant assez difficiles et surtout fort coûteuses.

L'électricité ne doit pas être rendue responsable de ce qui se passe aujourd'hui dans l'établissement de M. Oller : la faute en est surtout aux installations mécaniques et hydrauliques exécutées en vue d'attirer le public. S'il ne s'était agi que de l'éclairage, on aurait pu en effet s'arranger de façon à ne pas gêner les voisins, mais la force nécessaire pour soulever le piston de la piscine est considérable et elle a exigé la construction d'une véritable usine. Il n'est pas étonnant que le fonctionnement de cette dernière ait été fort difficile au centre de Paris, dans un quartier aussi riche que celui de la rue de Castiglione.

La Cour d'appel de Leipzig vient d'annuler trois brevets pris en Allemagne par des inventeurs américains, parceque ceux-ci avaient négligé de faire fabriquer les objets brevetés en Allemagne; cause de nullité en France comme en Allemagne. Jusqu'ici les inventeurs étrangers ont cependant pu éviter cette clause, en annonçant par la

voie des journaux la vente de l'article breveté. A partir de la décision de la Cour de Leipzig, les inventeurs étrangers seront forcés de faire fabriquer en Allemagne, sous peine de perdre tous leurs droits.

L'exposition Universelle de Barcelonne est aujourd'hui chose décidée et le gouvernement Espagnol demandera prochainement aux Cortès une subvention de 1,500,000 pesetas pour cette entreprise.

Il sera formé une Commission officielle présidée par le gouverneur de Barcelonne et composée de représentants de la municipalité et d'autres corporations, qui aura la direction de l'affaire.

L'inauguration qui avait été fixée pour le mois de mai a été reculée provisoirement jusqu'au mois de septembre prochain.

Notre confrère *Gazeta Industrial* de Madrid, critique sévèrement le titre d'exposition *Universelle* qu'il trouve trop prétentieux et prédit que l'entreprise, loin de faire honneur à l'Espagne, jettera le ridicule sur les promoteurs, éventualité à laquelle le gouvernement ne doit pas s'exposer.

L'*Electrical World*, de New-York, dit en parlant de la mise sous terre des fils électriques dans cette ville que cette entreprise est entourée de tant de difficultés et de complications de toute sorte, qu'une nouvelle législation sur ce sujet s'impose, afin de permettre à la Commission nommée de réaliser ses plans Les chambres sont, en effet, saisies d'un grand nombre de projets de loi à cet effet, dont l'un émanant de la Commission même. En attendant, les compagnies qui désiraient exécuter une partie du travail et qui n'ont pas eu l'appui de la Commission, font tout leur possible pour créer de nouvelles difficultés dans l'espoir de profiter de l'embarras de la Commission. En résumé, dit notre confrère, c'est un état de choses qui se vira de leçon aux autres villes qui voudraient imiter l'exemple de New-York.

Le général Sheridàn de l'armée des Etats-Unis, s'est dernièrement prononcé en faveur de l'emploi des moteurs électriques pour le maniement des gros canons. Comme source d'énergie, l'électricité présente de grands avantages sur les machines hydrauliques et pneumatiques dont les tuyaux sont toujours plus ou moins exposés. Un accident arrivé à un fil est facilement réparé, tandis que les tuyaux contenant de l'eau ou de l'air sans pression est d'une réparation beaucoup plus compliquée. Les essais faits par le Ministère de la guerre en Angleterre, il y a deux ans, avec le système Maxime, ont donné de bons résultats également.

La compagnie Van Depocle vient d'être chargée de l'installation d'un chemin de fer électrique à Lima, dans l'Etat d'Ohio, sur un parcours de trois milles. Il y aura six voitures, munies chacune d'un moteur de 10 chevaux. Un générateur de 60 chevaux sera installé dans l'usine centrale de lumière électrique.

Éclairage Électrique

La Compagnie du gaz de Lyon vient d'adresser au préfet de cette ville une demande en concession pour l'établissement de la lumière électrique dans la rue de la République et sur les places Leviste et des Célestins.

Le Conseil municipal d'Elberfeld en Allemagne, a accepté provisoirement et en principe la soumission de MM. Siemens et Halske de Berlin pour la construction d'une usine centrale municipale d'électricité.

Un projet pour la construction d'un chemin de fer électrique d'Elberfeld à Barmen, a été renvoyé à une Commission spéciale.

On va commencer, sous peu, l'installation de l'éclairage électrique à la grande gare de Metz. Les fonds nécessaires à cet effet ont été votés l'année dernière

M Pieper a été chargé d'installer son système d'éclairage électrique à arc dans le nouveau conservatoire de Liège. La force motrice sera fournie par des machines à gaz de 20 chevaux chacune, du système Fétu et Deliège à deux cylindres.

La Société électrique et hydraulique de Charleroi, a été chargée d'installer la lumière électrique dans le parc de Liège.

Le mouvement organisé à Madrid, il y a un an à peu près, pour forcer la compagnie du gaz à réduire ses prix, n'a abouti à rien, car, après quelque mois, les négociants qui avaient remplacé le gaz par l'éclairage au pétrole sont revenus au gaz. La seule entreprise de lumière électrique la *Sociedad Matritenal* semble être d'accord avec la compagnie du gaz, car elle ne fait guère d'installation où la lumière électrique reviendrait à meilleur marché que le gaz, qui se vend toujours à raison de 11,40 fr. par 1000 pieds. Le Cercle Mercantil de Madrid paie ainsi 30,000 francs par an pour 150 lampes à incandescence et deux foyers Gramme fonctionnant usqu'à 1 heure du matin seulement.

Télégraphie et Téléphonie

La Commission du budget a définitivement approuvé le projet qui lui avait été présenté par le ministre des Postes et Télégraphes, au sujet de la convention relative au câble des Antilles et de la Guyanne Française.

Le rapport de cette Commission a été déposé le 26 février sur le bureau de la Chambre, de sorte que la discussion aura lieu très prochainement.

La fusion des télégraphes avec le service postal, fut commencée en Allemagne au mois de janvier 1875 et rendue définitive le 1er janvier 1876. A ce moment le nombre des bureaux était de 1641 et pendant la première année, ce chiffre fut porté à 1949 par suite de l'installation de 308 nouveaux bureaux ; aujourd'hui il y en a 8841 et, en tenant compte des bureaux télégraphiques des chemins de fer autorisés à recevoir les dépêches du public, on arrive au chiffre total de 12000.

Au moment de la fusion, la longueur des lignes était de 33246 kilomètres avec 120779 kilomètres de fils. A la fin de la première année on avait construit 2677 kilomètres de lignes nouvelles avec 11333 kilomètres de fils. La longueur totale des lignes atteint aujourd'hui 78236 kilomètres, comprenant 291670 kilomètres de fils.

L'exploitation des télégraphes se soldait lors de la fusion par une perte annuelle de 5 millions de francs, tandis que les deux services réunis ont donné, après la première année, un excédent de 10 millions. Pour l'année 1886-87 cet excédent a atteint plus de 35 millions.

A la Chambre des députés espagnole, le Ministre des affaires étrangères repondant à une interpellation, a dit que le gouvernement du Maroc avait protesté contre l'établissement d'un câble télégraphique de Gibraltar à Tanger sans l'autorisation du Sultan.

Voici d'après le *Journal Télégraphique* de Berne, la liste des principales voies de communications télégraphiques dont l'état a subi des modifications pendant le mois dernier :

	Date de l'interruption	Date de rétablissement
Communications avec Porto-Rico et toutes les stations des Antilles au sud de Porto-Rico	15 et 17 février 1887.	
Ligne Bangkok-Saïgon	12 — 20	—
Communications avec St-Paul de Loanda	15 toujours interrompu.	

On annonce que la compagnie télégraphique de *Baltimore and Ohio*, a l'intention d'étendre son réseau à travers les Etats du midi de l'Amérique du Nord, reliant toutes les villes actuellement desservies par les lignes de la *Western Union Telegraph C°*.

Lundi dernier, les nouveaux appareils téléphoniques (bouton micro-téléphone) du Dr Herz, dont la description a paru dans le premier numéro de cette année de *La Lumière Électrique*, ont été essayés sur la ligne en cuivre qui relie la Bourse de Paris à celle de Bruxelles (350 kilomètres).

Les résultats ont été excellents.

Pendant une heure, les ingénieurs des Télégraphes Belges et Français, comme les expérimentateurs, ont pu communiquer sans discontinuité et tous, après expérience, ont été unanimes à reconnaître qu'avec les boutons micro téléphones les correspondances étaient aussi faciles qu'avec les appareils actuellement en service.

Les conditions du fonctionnement étaient les mêmes pour les deux systèmes, à part ceci, que deux éléments Lalande seulement, au lieu de six, actionnaient le bouton micro-téléphone. La netteté de la parole dans, les deux cas, était identique, et l'expérience a prouvé que le bouton micro-téléphone n'est pas seulement susceptible d'applications domestiques, mais qu'il peut, avec le même succès, être employé sur les plus grandes lignes.

Un de nos amis qui vient de faire un voyage aux Etats-Unis, nous informe que la plus grande activité règne dans toutes les branches de l'industrie électrique. Toutes les compagnies de téléphones font des progrès considérables et la plupart commencent à payer des dividendes aux actionnaires. Les fabriques d'appareils électriques ne peuvent suffire à leurs commandes et à l'usine de la *Western Electric Manufacturing C°* à Chicago, on travaille 21 heures par jour sur des appareils d'éclairage électrique et sur les grands commutateurs multiples pour bureaux centraux téléphoniques. Notre ami a également essayé la nouvelle ligne téléphonique de New-York à Philadelphie, dont il se déclare enchanté.

Les législateurs de l'Etat de New-York sont saisis de plusieurs projets de loi concernant les téléphones. M. Cullen propose de fixer l'abonnement au téléphone à 32,50 fr. par mois dans les villes ayant plus de 500,000 habitants; à 18,95 fr. pour les villes de 100 à 500,000 habitants, et à 13,75 fr. dans les villes au-dessous de 100,000. M. Murphy propose de défendre aux entreprises téléphoniques de fixer un prix d'abonnement supérieur à 17,50 fr. par mois pour un téléphone et à 12,50 fr. pour deux téléphones chez la même personne. Enfin M. Reilly veut limiter l'abonnement à 25 francs par mois pour New York et pour Brooklyn.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 19 MARS 1887 N° 12

SOMMAIRE. — Sur la résistance électrique des gaz; E. Edlund. — Nouveau photomètre basé sur la loi du cosinus; E. Dieudonné. — Les communications téléphoniques à grande distance; F. Géraldy. — Les régulateurs électriques; G. Richard. — Sur les fantômes magnétiques; C. Decharme. — Revue des travaux récents en électricité : Sur la détermination des pôles dans les aimants, par M. Mascart. — Sur la conductibilité électrique des dissolutions salines de concentration moyenne, par M. E. Bouty. — Les communications télégraphiques avec les trains de chemins de fer, par M. Rosebrugh. — Expériences sur le téléphone thermique de M Preece, par C. R. Cross. — Les lampes à incandescence, leur emploi et leur fabrication, par le Major général C. E. Webber. — Recherches sur l'étincelle électrique dans les liquides, par C. A. Mebius. — Détermination du coefficient de self-induction de quelques téléphones, par MM. S. Rasmussen et Dorn. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne; Dr H. Michaelis. — Angleterre; J. Munro. — Autriche; J. Kareis. — Etats-Unis; J. Wetzler. — Variétés : La Bibliothèque scientifique du ministère des Postes et Télégraphes; P. H. Ledeboer. — Faits divers.

SUR LA

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE

DES GAZ

La résistance que les gaz et les vapeurs opposent à la transmission des courants électriques, a été, à diverses reprises, l'objet de nombreuses recherches, sans que la question soit encore parfaitement résolue.

Les résultats de plusieurs de ces recherches sont du reste en contradiction, sinon réelle, du moins apparente, ce qui montre bien l'incertitude de nos connaissances actuelles sur cette matière. Je me propose de réunir, dans les lignes qui suivent, quelques-uns des faits les plus importants auxquels on est arrivé par la voie expérimentale, en essayant de tirer de leur comparaison les résultats qui paraissent le mieux correspondre à la réalité.

Un corps conducteur chargé d'une quantité d'électricité supposée inférieure à une certaine limite donnée, perd *peu à peu* sa charge quand on le tient isolé dans l'air. Si la charge dépasse cette limite, elle diminue rapidement jusqu'à ce qu'elle y soit descendue, après quoi la perte diminue lentement et d'une façon régulière. La valeur de cette limite dépend, d'ailleurs, de la forme du corps, de ses dimensions et de plusieurs autres circonstances. Quand, par exemple, le corps est armé de pointes, la limite à laquelle la perte lente et régulière commence à se produire, est beaucoup plus basse que si le corps est une sphère parfaitement unie.

Cette perte lente et continue d'électricité, quand la charge se trouve au-dessous d'une certaine limite, est due à une double cause : d'un côté, une certaine quantité d'électricité s'échappe par les appuis isolants qui supportent le corps, ou par le corps non conducteur auquel il est suspendu; d'un autre côté, le corps électrisé communique une partie de sa charge à l'air environnant. *Coulomb* (1), qui, le premier, a étudié de plus près ce phénomène, a trouvé que la déperdition d'électricité due, à un moment donné, à l'air environnant, est proportionnelle à la charge que le corps en question possède à ce même moment. Il constata, en outre, que la déperdition provoquée par l'air environnant était plus grande quand celui-ci était humide que lorsqu'il était sec.

Il paraît aussi résulter, des expériences faites

(1) Collection de *Mémoires relatifs à la Physique*, t. I p. 147. (Paris, 1884).

par *Matteucci* [1], que la déperdition dans l'air humide est plus grande que dans l'air sec.

Matteucci ne trouva, du reste, aucune différence dans la grandeur de la déperdition, quand le corps électrisé était entouré d'un autre gaz que l'air atmosphérique.

La grandeur de la déperdition pour une charge donnée, paraissait par conséquent être indépendante de la nature du gaz.

La plus importante des observations de *Matteucci* paraît être toutefois que la limite de la charge à laquelle la perte commence à être lente et régulière, s'abaisse à mesure de la raréfaction du gaz entourant le corps. Si l'on place un corps assez fortement chargé d'électricité dans une atmosphère soumise à une raréfaction rapide, ce corps perd subitement une partie de sa charge.

Le maximum de la charge que peut retenir un corps entouré d'un gaz, est proportionnel à la pression de ce gaz, circonstance qui constitue aussi l'un des résultats des expériences de *Harris*. *Matteucci*, toutefois, n'a pas poussé ses recherches à des pressions inférieures à 5 millimètres de mercure.

Le rapport entre la perte lente et régulière à un moment donné et la grandeur de la charge au même moment, était très sensiblement plus faible quand le gaz était raréfié, que lorsqu'il était plus dense.

Les feuilles d'un électroscope ordinaire chargé, conservaient presque sans modification leur divergence pendant deux jours, quand la pression de l'air environnant n'était plus que de 3 m. m. Le même résultat a été obtenu par *Davy*, *Becquerel*, *Harris*, *Riess* et d'autres savants.

Warburg [2] a confirmé la loi découverte par *Coulomb*, savoir, la constance du rapport entre la perte d'électricité dans un gaz, à un moment donné, et la totalité de la charge; mais il trouva en même temps, à l'inverse de ses prédécesseurs, que ce rapport varie avec les gaz, et que l'humidité n'exerce aucune influence sur lui. Pour l'hydrogène, le rapport en question ne serait que la moitié du rapport trouvé pour l'air atmosphérique et l'acide carbonique.

Warburg constata aussi, du reste, comme ses prédécesseurs, la diminution de la déperdition à mesure de la raréfaction du gaz.

Dans ces derniers temps, *Luvini* [1] a cru devoir infirmer l'exactitude de l'interprétation tirée des recherches qui viennent d'être citées. Il communique quelques expériences faites par lui et tendant, selon sa manière de voir, à démontrer que la déperdition d'électricité subie par un corps électrisé qui se trouve dans l'air ou dans un gaz ne doit pas être attribuée au contact de ce corps avec le milieu gazeux. Il suppose que la perte en question, si réellement elle existe, est due à la fuite de l'électricité par les appuis dont l'isolation est incomplète, ou aussi à ce que l'électricité est entraînée par les particules de poussière qui se trouvent dans l'air et qui, par le contact avec le corps, deviennent électriques, en sont repoussées et le privent ainsi d'une partie de sa charge.

Luvini estime, en conséquence, que l'on doit considérer les gaz, même s'ils sont humides, comme des isolateurs parfaits.

Nous allons voir immédiatement comment cette manière de voir s'accorde avec quelques autres propriétés des gaz.

Comme on le sait, Faraday a étudié la distance explosive de l'étincelle électrique dans des gaz différents, et il a trouvé qu'elle varie avec ces gaz. Quoique la méthode employée par lui ne soit pas de nature à donner des résultats parfaitement exacts, ce fait doit toutefois être considéré comme correct dans sa partie essentielle. D'après lui, la même charge étant donnée, la distance explosive était pour l'hydrogène environ le double de ce qu'elle comportait pour l'air atmosphérique. C'est un fait généralement connu et vérifié par de nombreuses expériences, que la distance explosive augmente à mesure de la raréfaction de l'air. Si la raréfaction est poussée assez loin pour que la pression ne constitue qu'une fraction de millimètre, on a constaté que la distance explosive est presque indépendante de la distance entre les électrodes. Enfin, avec les plus grandes raréfactions qu'il soit possible de produire, l'électricité cesse de passer d'une électrode à l'autre, quelle que soit la distance qui les sépare.

A première vue, ces dernières observations paraissent être en opposition flagrante avec celles qui viennent d'être mentionnées plus haut. La perte d'électricité qu'un conducteur électrisé subit

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXVIII, p. 385.

(2) Pogg, *Ann.*, t. CXLV, p. 578 (1872).

(1) *La Lumière Électrique* du 18 septembre 1886.

par le fait du gaz environnant, diminue à mesure que le gaz se raréfie, mais la distance explosive s'accroît de plus en plus, et elle peut même devenir extraordinairement grande, si la raréfaction est poussée suffisamment loin. La déperdition d'électricité est plus petite quand le corps électrisé est baigné dans l'hydrogène, que lorsqu'il est entouré d'air atmosphérique, tandis que la distance explosive est plus considérable dans l'hydrogène que dans l'air pour la même tension des électrodes. Les deux phénomènes paraissent, par conséquent, être en opposition l'un avec l'autre, et ils ne peuvent guère s'expliquer si on veut les ramener à la même cause.

Nous allons maintenant essayer d'examiner ce qui en est effectivement.

Si un courant galvanique i passe par un conducteur, que la différence de potentiel entre deux points, a et a_1 de ce conducteur soit $V - V_1$ et la résistance entre ces points r, ir sera égal à $V - V_1$. Il passe, par conséquent, toujours un courant électrique de a à a_1, quelque grande que soit la résistance r, et quelque faible que soit la valeur de $V - V_1$: l'intensité du courant ne se modifie qu'en proportion de ces deux valeurs.

Cette loi est valable pour les corps solides et les corps liquides qui sont conducteurs, mais elle n'est pas applicable aux gaz. La différence de potentiel $V - V_1$ entre les plans terminaux d'une colonne de gaz par laquelle une décharge passe entre deux électrodes, est totalement indépendante de la quantité d'électricité qui se décharge par cette colonne. On a, par conséquent, pour les gaz, $V - V_1 = C$, où C est une constante.

Cette constante, naturellement, varie d'un gaz à l'autre; elle dépend de la pression, et de la température du gaz, et elle augmente toutes les autres circonstances restant égales, avec la distance entre les plans en question. Cette thèse a été pleinement démontrée par les observations de *Warren de la Rue* et de *H. Müller* (1), comme aussi par celles d'*Hittorf* (2).

Quand la colonne de gaz se trouve sous une pression plus grande, comme, par exemple, celle d'une atmosphère, la température du gaz se modifie à un degré sensible, si la tension et la quantité de l'électricité qui a passé augmentent; à quoi il faut ajouter encore qu'un plus grand nombre de particules sont arrachées aux électrodes et transportées de l'une à l'autre.

Il s'en suit que C peut subir une modification dans ce cas. C représente l'obstacle qui doit être surmonté, pour que l'électricité puisse traverser la colonne de gaz. Il faut donc que la différence de potentiel entre les électrodes soit supérieure à C pour qu'une décharge puisse avoir lieu. Si cette différence est plus petite, c'est-à-dire si l'obstacle au mouvement est supérieur à la force qui doit produire ce dernier, aucune décharge n'a lieu.

On a démontré que C, qui représente l'obstacle total au mouvement de l'électricité à travers la colonne de gaz, se compose de deux parties, C_1 et C_2, dont la première, C_1, représente une force électromotrice dont le siège est à la surface limite entre les électrodes et le gaz, force agissant en sens inverse de la décharge, et la seconde, C_2, constitue la résistance électrique proprement dite dn gaz. L'existence d'une force électrique pareille dans l'étincelle galvanique aussi bien que dans l'arc voltaïque, est aujourd'hui si complètement démontrée, qu'il ne peut plus exister de doute à cet égard. Les recherches les plus récentes ont fait voir en outre, que la force électromotrice C_1 diminue quand le gaz est raréfié, cela, jusqu'à ce que la raréfaction ait atteint une certaine limite, pour laquelle la valeur de la force atteint son minimum, après quoi elle augmente de nonveau si l'on pousse la raréfaction plus loin, et elle finit par devenir assez grande pour empêcher la décharge.

D'un autre côté, la résistance électrique C_2 du gaz subit une réduction continue jusqu'à l'extrême limite de raréfaction qu'il soit possible d'atteindre (1). L'obstacle total $C_1 + C_2$ à la décharge, qui doit être surmonté par la tension pour que la décharge puisse s'effectuer, diminue par conséquent, à mesure que la raréfaction augmente jusqu'à ce que celle-ci ait atteint une certaine valeur, puisque C_1 et C_2 diminuent avec la pression, jusqu'à cette limite.

Si la raréfaction continue, C_1 augmente tandis

(1) *Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 1072 (1878)
(2) *Wied. Ann.*, t. VII, p. 573 (1879).

(1) *Annexe* (*Bihang*) *des mémoires de l'Académie royale des Sciences de Suède*, t. VI, n° 7; *Mémoire* (*Handl.*) *de l'Académie royale des Sciences*, t. XIX, n° 2; XX, XXI, n° 10. *Annales de Chimie et de Physique*, t, XXIV (1881); XXVII (1882). *Philosophical Magazine*, V. 13; 15. *Wiedemanns' Annalen*, t, 15, p. 165 et 574 (1882); 28, p. 560 (1886)

que C_2 diminue; mais suivant les expériences faites, la variation des deux termes est telle, que la somme $C_1 + C_2$ augmente et finit par devenir assez grande pour que la décharge cesse.

Nous allons maintenant comparer les propriétés susmentionnées des corps gazeux, avec ce qui a été dit précédemment sur la perte d'électricité des conducteurs chargés, et la décharge électrique par les gaz.

Si le conducteur en contact avec un gaz a une charge électrique assez faible, pour que la tension électrique soit inférieure à C, ou plus exactement à C_1, il est évident que l'électricité ne passera pas directement du conducteur au gaz, car il faut pour cela que la tension soit supérieure à C_1.

La comparaison doit se faire ici avec C_1 et non pas avec C_2, vu qu'il s'agit de faire passer l'électricité du conducteur au gaz, et non de la transporter à une distance appréciable du conducteur. La totalité de la perte d'électricité que subit le corps ne peut par conséquent s'opérer que par suite de la présence des particules de poussière suspendues dans l'air, et qui s'électrisant par leur contact direct avec le conducteur, sont ensuite repoussées, et enlèvent de la sorte au conducteur une partie de sa charge; le même effet pouvant du reste être produit par les molécules mêmes du gaz, au contact du corps.

Autant qu'il m'a été possible de le constater, la plupart des savants s'accordent à admettre que la déperdition d'électricité s'opère de cette façon. A l'inverse des autres électriciens, M. *Luvini*, partant de ses propres expériences, admet que la déperdition d'électricité que le conducteur chargé subit par le contact du gaz qui l'entoure est nulle, et il considère par conséquent les gaz comme des isolateurs absolus.

Mais même en admettant, avec M. *Luvini*, qu'aucune perte d'électricité n'avait lieu dans le cas en question, on ne pourrait pas, d'après ce qui précède, être autorisé à nier la conductibilité des gaz.

Si l'on raréfie le gaz qui entoure le conducteur, C_1 et C_2 diminuent, et une partie de la charge électrique du conducteur doit par suite disparaître subitement, ce qui est aussi conforme aux observations de *Matteucci*.

Quand la tension est ainsi devenue inférieure à C_1, la perte lente et régulière d'électricité commence de nouveau, mais cette perte est alors plus petite que lorsque la pression était plus forte, vu que les molecules du gaz raréfié qut, dans un temps donné, viennent en contact direct avec le conducteur chargé, sont alors moins nombreuses.

Cela continue à se produire jusqu'à ce que C_1 ait atteint sa valeur minimale.

Si l'on pousse la raréfaction encore plus loin, C_1 recommence à croîte, jusqu'à l'extrême limite de raréfaction qu'il soit possible d'atteindre. Cela explique donc ce fait, que dans le vide barométrique, un conducteur très fortement chargé peut, comme les observations le montrent, conserver sa charge presque sans modification pendant plusieurs jours, quoique la résistance électrique du gaz fortement raréfié soit relativement faible. En déterminant la déperdition d'électricité qu'un conducteur chargé subit par le fait du gaz qui l'entoure, il est par conséquent impossible de se faire une idée de la résistance électrique du gaz, car cette déperdition n'a rien à voir avec la résistance.

Pour que l'électricité puisse passer d'une électrode à l'autre à travers un gaz, la tension électrique des électrodes, doit être supérieure, ou au moins égale à $C_1 + C_2$. De ces valeurs, C_2 qui représente la résistance proprement dite du gaz, augmente avec la distance entre les électrodes.

En mesurant la tension nécessaire pour une distance explosive donnée, on peut obtenir une mesure de la somme $C_1 + C_2$, mais il est plus difficile de décider la part afférente à chacune de ces quantités. Si le gaz a subi une raréfaction suffisamment forte pour que sa densité soit inférieure à celle qui correspond à la valeur minima de C_1, la résistance du gaz C_2 sera si faible que, comme le montrent les observations, on pourra faire passer l'électricité sans avoir besoin de modifier la tension, la distance entre les électrodes pouvant être à peu près aussi grande que l'on voudra. Ici C_2 est par conséquent très petit en comparaison de C_1; mais cela n'a pas lieu quand la densité du gaz est plus grande.

Si la pression du gaz est plus forte, C_2 est aussi plus grand, et ne peut, en ce cas, pas être négligé en comparaison de C_1.

Si l'on mesure la différence de tension qui doit se produire entre les électrodes pour qu'une décharge puisse s'effectuer, on obtient une mesure de la somme $C_1 + C_2$, et si l'on en veut déduire la valeur de la résistance C_2 du gaz, la valeur de

la force électromotrice C_1 devra d'abord être déterminée spécialement ou éliminée d'une manière ou d'une autre.

Il résulte toutefois des considérations qui précèdent, que l'on ne peut pas inférer, comme le suppose M. *Luvini*, de la déperdition plus ou moins grande d'électricité que subit un conducteur chargé entouré d'un gaz, si ce gaz est conducteur ou non conducteur, quand sa charge reste au-dessous d'une certaine limite. La perte en question n'a, en effet, rien à voir avec la résistance électrique du gaz.

Les pages qui précèdent étaient déjà imprimées en suédois dans le Bulletin (*Ofversigt*) des travaux de l'Académie royale des sciences de Suède, de décembre dernier (1886), quand mon attention se porta sur les belles et concluantes expériences faites par M. *J. Borgman*, relativement à la conductibilité électrique de l'air atmosphérique.

M. *Borgman* a réussi à éliminer la résistance que subit l'électricité au passage d'un corps solide à un gaz, résistance produite par la force électromotrice qui a son siège à la limite des deux milieux, en forçant l'électricité à traverser l'air entre deux flammes lumineuses qui servaient par conséquent d'électrodes, en place de conducteurs solides. M. *Borgman* supprima, grâce à ce procédé, la quantité désignée ci-dessus par C_1, de sorte qu'il ne restait à surmonter que la résistance proprement dite de l'air, soit C_2.

M. *Borgman* a réussi, par le procédé en question, à faire traverser l'air entre les deux flammes par un courant électrique et, par conséquent, à démontrer que l'air est effectivement à même de conduire l'électricité, quoique la résistance de l'air à la pression ordinaire et à une basse température, soit indubitablement très grande.

Il ne peut exister, selon moi, après les expériences de M. *Borgman*, aucun doute que l'air atmosphérique aux densités et aux températures ordinaires ne soit un conducteur de l'électricité, quoique sa conductibilité soit insignifiante.

E. Edlund

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 30 octobre et du 6 novembre 1886.

NOUVEAU PHOTOMÈTRE

BASÉ SUR

LA LOI DU COSINUS

Dans la séance de la Société internationale des Électriciens, en date du 2 mars courant, M. Arnoux a présenté un photomètre qu'il avait imaginé dans le but d'effectuer, avec rapidité et dans un espace très restreint, les comparaisons de foyers lumineux.

Nous en donnone les vues en élévation et en plan dans les figures 1 et 2. L'appareil est basé sur la loi de Lambert connue sous le nom de loi du cosinus, qui est la suivante :

Si on désigne par I la quantité de lumière reçue à l'unité de distance du foyer lumineux F (fig. 3) par une surface plane infiniment petite A, lorsque la normale N A se confond avec la direction F A des rayons lumineux, la quantité de lumière que recevra cette même surface à la distance d sera $\frac{I}{d^2}$ d'après une loi connue.

D'autre part, si les rayons lumineux forment un angle d'incidence α avec la normale N A à la surface considérée, celle-ci ne reçoit plus qu'une quantité Q de lumière qui, d'après la loi de Lambert, est proportionnelle au cosinus de l'angle d'incidence α. En d'autres termes, on a dans ce cas la relation :

$$Q = \frac{I \cos \alpha}{d^2} \qquad (1)$$

Cette relation générale peut être utilisée dans la comparaison de deux sources lumineuses.

Soit, en effet, une deuxième surface A' (fig. 4) éclairée par un autre foyer F' qu'on veut comparer au foyer F, et assez voisine de la surface A pour que l'œil puisse les voir toutes deux en même temps. Un écran O F est disposé de telle sorte que chaque surface ne puisse recevoir la lumière que d'un seul foyer. La quantité de lumière reçue par A' sera :

$$Q' = \frac{I' \cos \alpha}{d'^2}$$

On peut toujours trouver une certaine valeur α

de l'angle d'incidence pour laquelle les deux surfaces reçoivent rigoureusement la même quantité de lumière. On aura alors Q = Q', ou :

$$\frac{I' \cos \alpha'}{d'^2} = \frac{I \cos \alpha}{d^2}$$

d'où :

$$\frac{I'}{I} = \frac{d'^2}{d^2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'}$$

Dans les photomètres actuels, on maintient

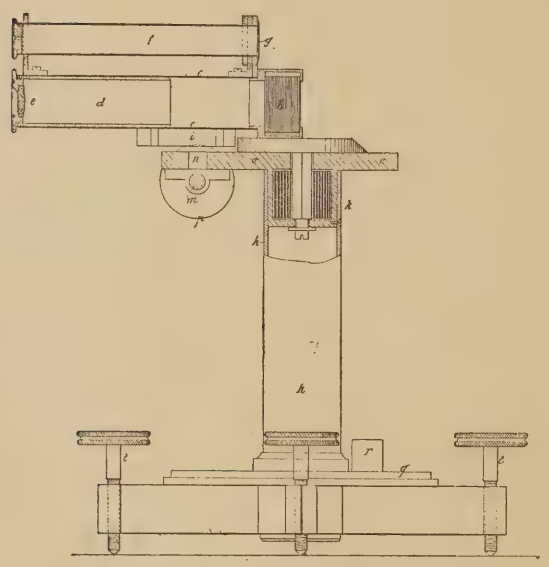


Fig. 1

constant le rapport des cosinus, et l'on détermine la valeur du rapport des intensités lumineuses d'après celle de $\frac{d'^2}{d^2}$. Dans le photomètre *cosinus*, au contraire, le rapport des distances est maintenu constant pendant tout le temps d'une mesure, et la valeur du rapport $\frac{I'}{I}$ se déduit de celle du rapport $\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'}$.

L'appareil se compose de deux plaques *a* et *a'* en verre opale dépoli. L'angle des deux plaque est arbitraire, dans le modèle représenté il est de 90°. Une cloison très mince *b* en cuivre noirci située dans le plan bissecteur s'oppose à tout échange de lumière entre les deux plaques. Cet ensemble est fixé à l'extrémité d'un tube en cuivre *c*, dans lequel glisse un second tube *d* muni d'une lentille.

L'emploi de cette lentille permet de comparer d'une façon plus nette et plus précise l'éclairement des deux plaques par transparence.

Au dessus du tube *c* est placée une petite lunette à œilleton *f* avec croisée de fils, dont la ligne de mire se trouve dans le plan bissecteur des deux plaques et perpendiculaire à leur arête commune.

Un pied d'optique *h* supporte l'appareil qui peut ainsi pivoter autour de la ligne d'intersection des deux plages du photomètre. En dessous du

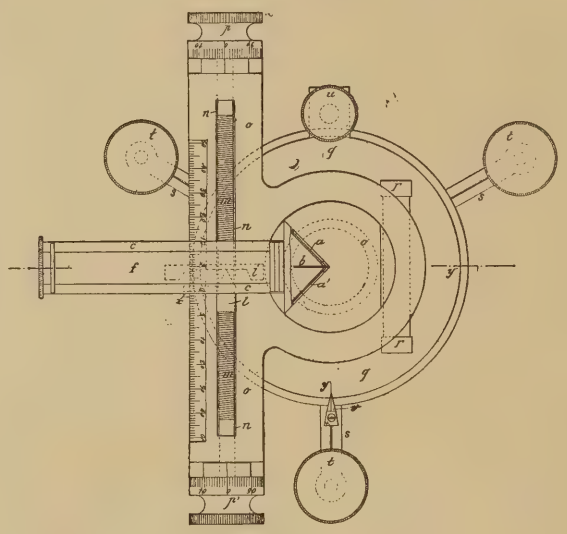


Fig. 2

tube *c* est fixée une bande de métal *i* dont une des faces verticales, parfaitement dressée, coïncide avec le plan bissecteur des deux plaques.

Un ressort spiral *k* (fig. 1), placé dans le pied *h*, contraint cette face à rester constamment appliquée contre le biseau d'un écrou *l*. Celui-ci, commandé par une vis micrométrique *m*, se déplace longitudinalement dans une rainure *n*. Le plateau supérieur *o* dans lequel cette rainure est fraisée, est munie, sur l'un de ses bords parallèle à la rainure, d'une échelle divisée devant laquelle se meut un trait de repère *x*, gravé sur une des faces de l'écrou mobile *l*. Le zéro de cette graduation est disposé de telle sorte que lorsqu'il se trouve dans le plan bissecteur des deux plages, la rainure et l'axe de la vis micrométrique sont perpendiculaires à ce plan.

Dans le but de rendre l'appareil symétrique, et le réglage plus facile, la vis micrométrique porte deux tambours p et p' ; la graduation de ceux-ci est faite en sens inverse l'une de l'autre, afin d'exclure toute soustraction dans les lectures. L'angle que fait la lunette avec sa position ini-

Fig. 3

tiale est ainsi évalué par sa tangente trigonométrique. Dans le modèle actuel, la vis a un pas de 1 millimètre et les tambours sont divisés en 100 parties, ce qui permet d'apprécier les déplacements à $\frac{1}{100}$ de millimètre près.

Nous terminons cette description par quelques points de détail, qui prouvent que la construction a été convenablement étudiée.

A la partie inférieure du pied h, est fixé un plateau circulaire q, muni d'un niveau ; quatre traits de repère gravés sur la périphérie du plateau déterminent deux lignes perpendiculaires l'une à l'autre. L'ensemble rigide formé par ce dernier plateau, le tube h et le plateau supérieur,

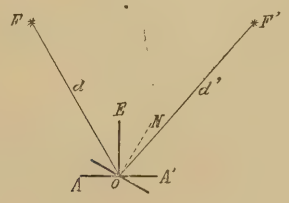


Fig. 4

peut pivoter autour d'un axe qui fait corps avec un pied à vis calantes et à vis de pression u.

Enfin le plan qui passe par le zéro de l'échelle divisée supérieure et l'axe de rotation de l'appareil passe également par deux des traits de repère du plateau inférieur. L'appareil a été construit dans les ateliers de M. Carpentier.

Pour effectuer les mesures, on peut employer deux dispositions des foyers à comparer.

1re *disposition.* — Les deux foyers F et F' et l'arête commune des deux plages sont sur une même droite horizontale (fig. 5). Ce réglage préalable est aisément obtenu par l'emploi de la lunette et des plateaux divisés. Soient β l'angle que font les rayons lumineux des deux foyers avec les normales N et N' aux plaques dans leur position initiale et α l'angle commun dont il faut les faire tourner pour obtenir l'égalité d'éclairement.

La quantité de lumière reçue par la plage OA' est $\frac{I' \cos(\beta+\alpha)}{d'^2}$ et celle reçue par la plage OA est $\frac{I \cos(\beta-\alpha)}{d^2}$. Lorsque ces deux quantités sont égales on a :

$$\frac{I' \cos(\beta+\alpha)}{d'^2} = \frac{I \cos(\beta-\alpha)}{d^2}$$

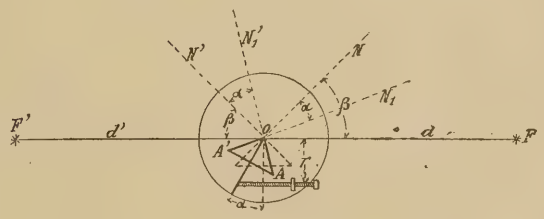


Fig. 5

d'où

$$\frac{I'}{I} = \frac{d'^2}{d^2} \frac{\cos(\beta-\alpha)}{\cos(\beta+\alpha)} = \frac{d'^2}{d^2} \frac{1 + tg\,\beta\, tg\,\alpha}{1 - tg\,\beta\, tg\,\alpha}$$

Si maintenant on désigne par r la distance en millimètres de l'axe de la vis micrométrique à l'axe de rotation, et par n le nombre de tours et de fraction de tours effectués par cette vis et exprimés également en millimètres, on a $tg\,\alpha = \frac{n}{r}$; si, d'autre part, l'angle des plaques est de 90 degrés, on a $\beta = 45$ degrés et $tg\,\beta = 1$ et la formule précédente devient :

$$\frac{I'}{I} = \frac{d'^2}{d^2}\left(\frac{r+n}{r-n}\right) \tag{4}$$

c'est cette formule qui sert pour les mesures.

2me *disposition des foyers* (fig. 6). — Elle présente certains avantages lorqu'il s'agit de comparer des lumières de colorations ou de qualités différentes. Cet arrangement consiste à placer les

deux foyers F et F′ à angle droit, par rapport à l'arête commune des deux plages. Il est facile de voir que, dans ce cas, le foyer F′ envoie de la lumière à la fois sur les deux plages et qu'il y a toujours un certain angle α pour lequel la quantité de lumière $\frac{I' \cos(\beta+\alpha)}{d'^2}$ reçue par A′ du seul foyer F′ est égale à la somme des quantités de lumière $\frac{I' \cos(\beta+\alpha)}{d'^2} + \frac{I \cos(\beta-\alpha)}{d^2}$ reçue par A du même foyer F′ et du foyer F, égalité d'où l'on tire :

$$\frac{I'}{I} = \frac{d'^2}{d^2} \frac{\cos(\beta-\alpha)}{\cos(\beta-\alpha)-\cos(\beta+\alpha)} = \frac{d'^2}{d^2} \frac{1 + tg\,\beta\, tg\,\alpha}{2\, tg\,\beta\, tg\,\alpha}$$

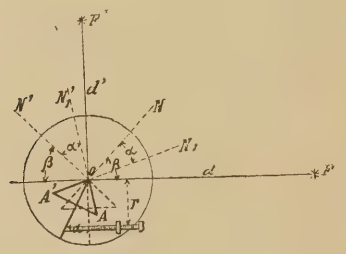


Fig. 6

Comme $\beta = 45$ degrés et $tg\,\alpha = \frac{n}{r}$, on a :

$$\frac{I'}{I} = \frac{d'^2}{2\,d^2}\left(1 + \frac{r}{n}\right) \tag{5}$$

Si le foyer F′ est un foyer électrique, par exemple, on a sur l'une des plages de la lumière blanche et sur l'autre un mélange de lumière blanche et rouge, qui peut différer d'aussi peu que l'on veut, de la lumière blanche perçue sur la plage A′. L'inventeur a lui-même reconnu que cette disposition présente l'inconvénient de faire varier, à chaque instant, la proportion des deux lumières qui tombent sur la plage A. Il prétend parer à cet inconvénient en réglant par une inclinaison convenable des deux plages la proportion qu'on s'est fixée à l'avance, et il parfait la différence d'éclairement, en faisant varier convenablement la distance de la lampe étalon à la plage la moins éclairée.

Evidemment, c'est là un moyen ou plutôt un expédient dont l'emploi a pour effet de faire toucher aux foyers pendant les opérations, inconvénient que l'inventeur se promettait d'éviter par la création de son nouvel appareil.

Jusqu'ici on a supposé les deux foyers à comparer situés dans le même plan horizontal. Dans le cas où l'un des foyers F′ est à une hauteur quelconque au dessus de ce plan, on mesure cette hauteur h à l'aide d'un fil à plomb et de la lunette du photomètre. Les formules précédentes (4) et (5) deviennent :

$$\frac{I'}{I} = \frac{(d'^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}{d'\, d^2}\left(\frac{r+n}{r-n}\right) \tag{4'}$$

$$\frac{I'}{I} = \frac{1}{2}\,\frac{(d'^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}{d'\, d^2}\left(1 + \frac{r}{n}\right) \tag{5'}$$

La loi du cosinus est purement géométrique : il importe donc de la vérifier expérimentalement et d'en comparer les résultats avec ceux obtenus par la loi du carré des distances. L'appareil se prête, du reste, avec la plus grande facilité à l'emploi de la méthode ordinaire.

Le photomètre *Cosinus* — ce nom lui restera-t-il ? — n'a pas la prétention d'être le meilleur des photomètres ; mais il offre les avantages suivants :

1° Il permet d'effectuer les mesures avec une rapidité qui n'exclut pas, pour cela, la précision ;

2° L'installation n'exige qu'un espace très restreint;

3° Il n'est pas nécessaire de toucher aux foyers pendant les mesures, ce qui est assez important; on évite ainsi une source d'erreurs, et, en outre, les mesures en sont facilitées dans bien des cas.

Il nous reste une réserve à faire :

Lorsqu'on opère avec des foyers intenses, arrivera-t-on sûrement à apprécier, par transparence, l'égalité d'éclairement des plages du photomètre? L'expérience seule peut répondre à cette question et lever les doutes à cet égard.

E. Dieudonné

LES

COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES

A GRANDE DISTANCE

Lorsque, il y a quelques années, M. Van Rysselberghe inventa son système de téléphonie à grande distance, il entendait s'attaquer directement à l'ennemi le plus dangereux du téléphone, c'est-à-dire, à l'induction causée par les courants électriques passant sur les fils voisins.

Le procédé ne s'appliquait qu'à l'induction télégraphique ; mais il prétendait à la supprimer complètement ; il devait permettre de choisir dans un réseau télégraphique une ligne quelconque pour y placer le téléphone, qui fonctionnerait à son aise, sans s'inquiéter des appareils voisins, et sans même souffrir de la présence de l'appareil télégraphique, qui continuerait à fonctionner sur la même ligne.

En ce temps-là, tout en reconnaissant l'ingénieux du système, sa réussite dans les conditions d'expérience, nous avions exprimé quelques doutes au sujet de sa généralisation.

Nous allons rappeler nos motifs :

Le système consistait à introduire dans tous les appareils télégraphiques voisins de la ligne téléphonique, un organe modificateur ; cet organe consista d'abord en résistances progressives intercalées dans les manipulateurs, plus tard en une combinaison de condensateurs et d'électro-aimants ; son but était d'amortir les émissions et les ruptures des courants télégraphiques, de les rendre graduelles, et par suite d'empêcher le bruit sec que leur brusque induction faisait naître dans le téléphone.

Il nous paraissait très difficile d'arriver à munir d'organes graduateurs tous les appareils télégraphiques, y compris les signaux de chemins de fer, sonneries d'appel, etc.., qu'une ligne téléphonique peut avoisiner ; il nous paraissait même très difficile de les découvrir tous : pour ce motif nous pensions, que dans la plupart des cas, l'application serait forcément incomplète et, par conséquent, jusqu'à un certain point défectueuse.

Cependant nous voyons aujourd'hui que la téléphonie à grande distance fonctionne sur plusieurs lignes en Belgique ; en France elle existe entre Rouen et le Havre, Paris et Reims, Paris et Lille; enfin on vient d'ouvrir au public entre Paris et Bruxelles une communication dont le fonctionnement, à son début paraît généralement très satisfaisant.

Il semble donc que nous ayons à tort formulé les réserves que nous venons de rappeler : c'est ce qu'il faut voir de plus près.

Les applications du système Van Rysselberghe faites en Belgique nous montrent ce système dans son intégrité ; c'est-à-dire que la transmission téléphonique a lieu par un seul fil, avec retour par la terre ; tandis que sur ce même fil et les autres conducteurs du réseau fonctionnent des appareils télégraphiques, munis des organes graduateurs qui constituent l'invention.

Les lignes Belges ne sont pas d'une grande longueur, et le service télégraphique qui les avoisine est relativement simple : le succès fut et est encore très satisfaisant.

Lorsqu'il s'agit de l'appliquer en France, on chercha d'abord à se placer dans des conditions analogues : évitant la place de Paris, chargée de lignes, on choisit le tronçon Rouen le Havre, plus simple ; après quelques tâtonnements, on réussit à faire bien fonctionner le système : on arriva même, non sans quelque difficulté, à introduire les graduateurs dans les télégraphes rapides, notamment dans le Baudot.

Encouragé, on voulut aborder Paris, et on entreprit Paris-Reims ; dès lors, les difficultés s'accusent ; avec beaucoup de persistance, on parvint peu à peu à découvrir les lignes nuisibles et à les munir de graduateurs ; après de nombreux essais on obtint une marche passable, mais toujours un peu précaire ; bien un jour, médiocrement un autre.

La ligne dernièrement installée entre Paris et Lille, nous montre ce caractère à un plus haut point. Son fonctionnement est généralement médiocre, souvent mauvais. Quelque soin, quelque persistance qu'on y ait mis, on n'a pu découvrir et étouffer toutes les lignes nuisibles ; d'ailleurs sur un parcours aussi couvert de communications, celles-ci sont inévitablement variables ; en somme, ce dernier résultat n'est pas bon ; ce qui montre que les réserves avaient bien leur raison d'être.

On se demande alors comment il se peut faire que la communication Paris-Bruxelles, plus longue et bien plus difficile que les précédentes, puisse, comme je l'ai dit, marcher très convena-

blement; l'explication du fait est très simple : on n'a pas appliqué le système van Rysselberghe proprement dit.

En effet, comme nous l'avons rappelé, ce système suppose, pour le téléphone, l'usage d'un seul fil pris dans un réseau télégraphique; ce n'est pas le cas de Paris à Bruxelles; on a posé entre ces deux villes, non pas un, mais deux fils spéciaux, placés il est vrai sur les mêmes poteaux que les fils télégraphiques, mais formant un circuit métallique complet, sur lequel des précautions spéciales ont été prises. Les fils sont l'un à côté de l'autre, de plus, sur les poteaux situés à chaque kilomètre, on a croisé les fils, en sorte que le conducteur supérieur passe dessous et réciproquement; près de Paris, ces croisements ont lieu tous les 300 mètres environ. De cette façon, les conducteurs se trouvent sur tout leur parcours à une même distance moyenne des conducteurs nuisibles et les inductions se compensent.

Il n'est pas inutile de rappeler au lecteur que ce procédé a été, dès les premiers jours du téléphone, signalé par l'intelligence sagace de M. Hughes, qu'il est employé partout, et que c'est, après tout, le seul, jusqu'à ce jour, qui ait donné toutes garanties contre les inductions, quelle que soit leur origine. En somme, et dans la disposition essentielle, le système van Rysselberghe n'a rien à voir.

Il a cependant, dans le fonctionnement du système, une part sérieuse qu'il faut reconnaître.

Dans le cours de ses essais de communications à grande distance, M. van Rysselberghe rencontra naturellement d'autres obstacles que l'induction; on les connaissaient déjà : c'est la résistance, la capacité, la self-induction dans les conducteurs. Il a fait sur ces points des expériences très utiles. Les plus intéressantes ont eu lieu en Amérique où M. van Rysselberghe a pu essayer, sur des lignes très longues et de différentes natures; c'est-à-dire des lignes formées de fils de fer, de fils de cuivre, et enfin de fils compound, c'est-à-dire ayant une âme de fer entourée de cuivre.

Les principaux résultats déjà antérieurement donnés dans ce journal sont les suivants :

Sur des fils de cuivre de 2,7 m. m. de diamètre la compréhension est facile à 810 kilomètres, mais à 1175 on ne perçoit que quelques mots.

Sur des fils de fer de 4,5 m. m., la compréhension cesse d'être facile vers 400 kilomètres, à 520 on peut seulement reconnaître qu'on parle, à 1,090 kilomètres rien n'arrive plus.

Sur une ligne compound de 6 millimètres de diamètre, comprenant une âme de fer de 3 millimètres, une compréhension complète a pu être obtenue a 1,625 kilomètres.

Dans un article publié par M. le Dr Perani dans l'*Élektrotechnische Zeitschrift*, celui-ci a essayé de soumettre ces résultats au calcul. Il a appliqué les formules données par M. Vaschy, en 1884, au sujet des courants ondulatoires, en même temps, les formules connues de la self-induction, et d'une manière approchée, il a calculé, pour chacune des lignes, l'affaiblissement de l'intensité, soit le rapport $\frac{i}{i_0}$ de l'intensité à l'arrivée, à l'intensité au départ; il a ainsi obtenu le tableau suivant :

1	Cuivre....	2,7 m. m.	810 k. m.	$\frac{i}{i_0}$	0,14
2	—	»	1175	»	0,04
3	Fer.....	4,5	400	»	0,02
4	—	»	520	»	0,003
5	—	»	1000	»	0,00001
6	Compound.	6	1625	»	0,02

M. Pérani fait remarquer que ces résultats sont convenablement d'accord avec l'expérience, sauf en ce qui concerne la ligne compound ou le résultat réel a été fort satisfaisant, tandis que le calcul annonce qu'il doit être très médiocre. Il essaie d'expliquer ce désaccord par diverses hypothèses.

La plus sérieuse serait peut-être qu'il est bien difficile d'appliquer le calcul à ces matières, les conditions d'une bonne transmission téléphonique sont bien complexes, l'intensité ne joue qu'un rôle, qui n'est pas le principal, le timbre, la netteté sont peut-être plus importants, et ont une influence sur la facilité de compréhension.

Quoi qu'il en soit, M. Perani fait remarquer, avec juste raison, que ces expériences ont donné un grand élan à la téléphonie, en montrant que la difficulté des longues distances n'était pas invincible, à la condition de réduire autant que possible les résistances; la capacité ne semble jouer qu'un moindre rôle.

C'est d'après ce principe qu'on a installé la communication de Paris à Bruxelles, sur laquelle il nous reste à donner quelques détails.

Dans Paris, la communication entre la Bourse et la porte de la Chapelle est faite à l'aide de câble Fortin-Hermann ; on sait que l'isolation de ce câble se compose de petites perles de bois enfilées sur le câble, le tout recouvert de plomb; le fil est donc comme suspendu dans son tube et autant que possible enveloppé d'air. Ces câbles sont formés de 5 brins chacun ; leur résistance est de 12 ohms par kilomètre, leur capacité de 0,04 microfarads, celle d'un câble ordinaire étant de 0,23. A partir de la porte de La Chapelle jusqu'à la Bourse de Bruxelles, les fils sont aériens, croisés comme nous l'avons dit, et formés de fils de bronze siliceux de 3 m.m. de diamètre, résistance 2,5 ohms par kilomètre, longueur 320 kilomètres, en tout 640 kilomètres de fil.

L'ensemble de la communication posé avec soin donne, ainsi que nous l'avons dit, de bons résultats.

Ajoutons que les deux administrations ont l'intention d'appliquer le système Van Rysselberghe en plaçant sur les deux fils des appareils télégraphiques qui fonctionneront en même temps que les communications téléphoniques : ce qui donnera aux fils un double rendement.

Les bureaux sont ouverts au public depuis environ trois semaines et sont très fréquentés.

FRANK GERALDY

LES

RÉGULATEURS ÉLECTRIQUES [1]

Le régulateur électrique de M. *Amet* de Chicago est fondé, comme ceux de Fleeming Jenkin [2] et de Richardson et Neuville [3] sur l'action combinée de la force centrifuge et du courant fourni par la dynamo dont il doit régulariser le débit.

Lorsque l'intensité du courant émis par la dynamo A augmente au delà des limites prévues, l'électro-aimant B, embranché en relais sur le circuit, attire son armature *b* sur le contact *b*, de façon à en dériver une partie à travers l'électro D, qui met ainsi en prise, en faisant basculer à gauche son armature E, la roue F avec le pignon *e*, mu par la machine à vapeur.

Par suite de cet engrènement l'écrou *a'* tourne autour de la tige de la soupape A de manière à

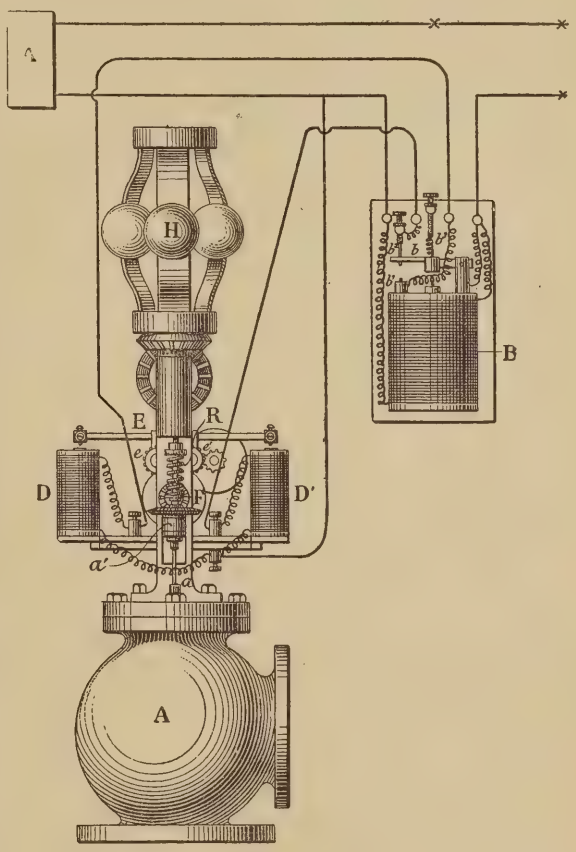


Fig. 1. — Amet; régulateur mixte

l'abaisser et à étrangler l'admission de la vapeur.

Lorsque l'intensité du courant diminue, c'est au contraire la touche b_2 que vient heurter l'armature *b*, sollicitée par le ressort b^3, de façon que l'électro aimant D' mette en prise avec F le pignon *e'*, qui tourne en sens contraire de *e* et ouvre le clapet A pour augmenter l'admission de la vapeur.

En marche normale, l'armature *b* occupe une position intermédiaire entre les contacts b_1 et b_2, de sorte que le régulateur à force centrifuge H agit seul sur la valve A, pour maintenir la vitesse de la machine à vapeur entre certaines li-

(1) *La Lumière Electrique* des 24 mai 1884, 17 janvier, 4, 11, 18 avril, 21 novembre 1775 et 10 octobre 1886.

(2) *La Lumière Electrique*, 21 novembre 1885 P. 343.

(3) *La Lumière Electrique* 3 avril 1886 p. 34 et brevet anglais n° 15794 1er décembre 1884.

mites indépendamment des variations du courant régularisées à part, avec une grande précision, par le mécanisme du relais B et des électros D D', qui ne doit vaincre qu'une résistance insignifiante par rapport à celle de la valve A.

Ainsi qu'on le voit sur le détail de la figure 2 l'écrou de la roue f^2, menée par F, actionne la tige *a* par la butée du ressort R sur la rondelle f^6, de sorte que le ressort R atténue l'action des deux régulateurs électrique, et à force centrifuge, en

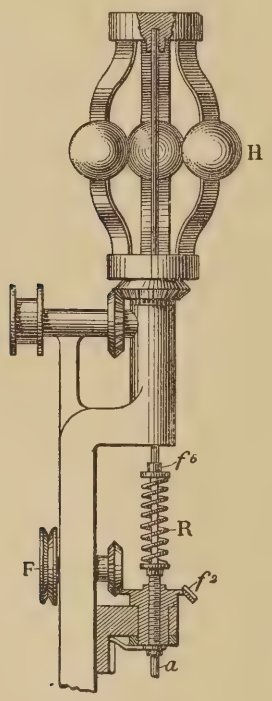


Fig. 2. — Amet, détail du manchon

même temps qu'il permet au régulateur à force centrifuge d'actionner seul la valve A, au cas où le régulateur électrique ferait défaut, comme lors d'une rupture du circuit principal.

M. *William Willans*, dont les travaux en matière de régulateurs électriques sont bien connus de nos lecteurs [1], a proposé récemment de substituer au frottement variable et incertain des surfaces métalliques la résistance moins capricieuse d'un liquide.

Le solénoïde *c* agit sur une armature *d* reliée directement à la soupape d'admission *a*, et dont l'enveloppe est constamment remplie d'eau (fig. 3). C'est la résistance du passage de cette eau entre

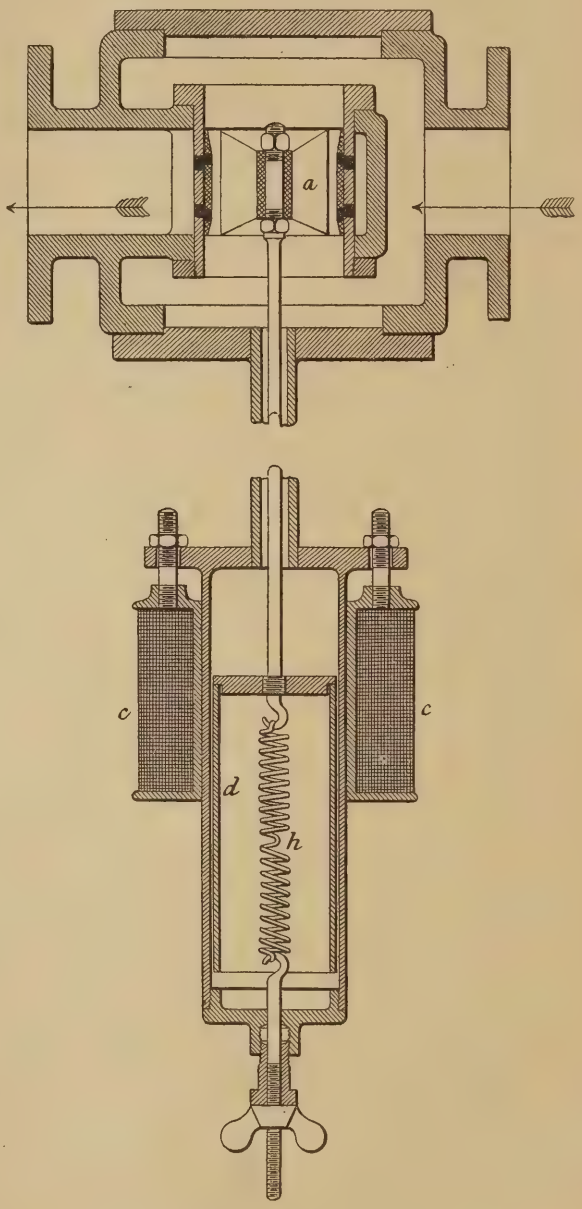


Fig. 3. — Willans, régulateur à liquide

les parois de l'armature *d* et son enveloppe *e* qui règle, concurremment avec la tension du ressort *h*, la sensibilité du régulateur.

L'appareil de MM. *Goolden Trotter* et *Ravenshaw* se compose d'un solénoïde A, en dérivation sur le circuit, et dont l'armature B met en

(1) *La Lumière Électrique*, 24 mai 1884, 17 janvier, 21 novembre 1885.

prise avec le galet J, par l'intermédiaire d'un levier horizontal l'une ou l'autre des roues de friction EE', calées à rainure et languette sur la vis F, dont l'écrou monte ou descend, en introduisant ainsi dans le circuit, au moyen des touches N, des résistances R, en nombre tel que

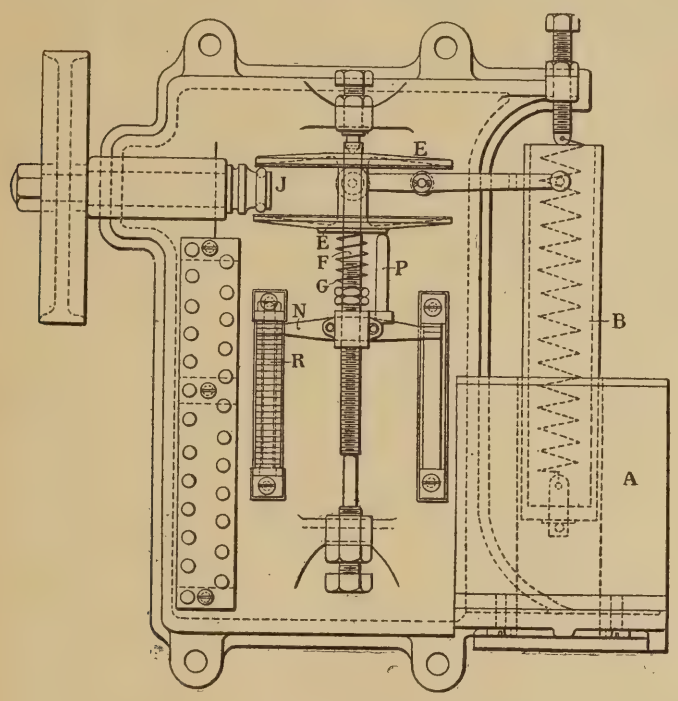


Fig. 4. — Goolden et Trotter.

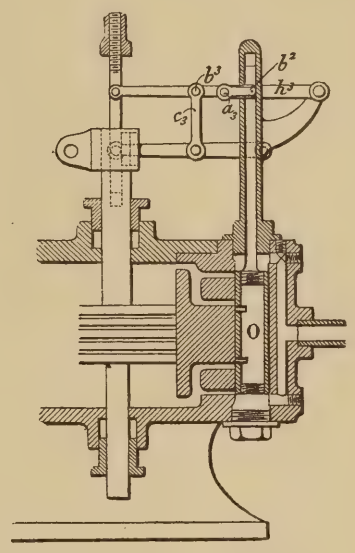


Fig. 5. — Bosanquet et Tomlinson.

l'intensité du courant reste invariable (fig. 4).

La sensibilité de l'appareil dépend du réglage des deux ressorts indiqués. La tige P limite la

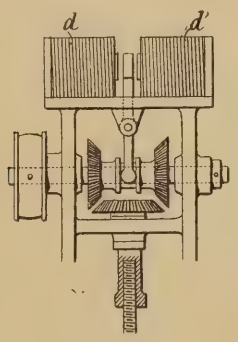


Fig. 6

course supérieure de l'écrou, en débrayant la roue E.

Le nouveau régulateur électrique de *MM. Bosanquet* et *Tomlinson* (¹) figures 5, 6, 7 et 8, a pour objet de maintenir la force électromotrice du circuit invariable.

1° En faisant varier automatiquement la vitesse

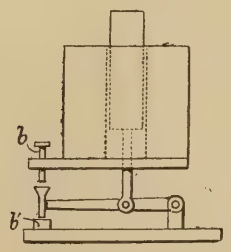


Fig. 7

du moteur dont il étrangle plus ou moins l'admission.

2° En faisant varier l'intensité du champ magnétique des génératrices ou le calage de leurs balais.

Le régulateur agit, comme l'indique la figure 8, par un solénoïde *a*, branché sur le circuit, et dont l'armature *b* met en prise, selon que la force

(¹) *La Lumière Electrique* 21 novembre 1886, p. 343.

électromotrice est trop élevée ou trop faible, la roue *d* ou la roue *d'* avec le pignon *e*, de façon à abaisser ou à soulever, par la vis *g* et le levier *h*, le tiroir O, qui admet ainsi la vapeur de Q au-dessus ou au-dessous du piston *j*, relié par *k* à la distribution du moteur.

En même temps qu'il se déplace, le piston *j* imprime, par une tige à écrou allongé *l*, un mouvement de rotation au tiroir O, de façon que ses lumières obliques *i* viennent se fermer et limiter ainsi le déplacement de *j* proportionnellement à celui de l'armature *b*, à la manière d'un servo-moteur.

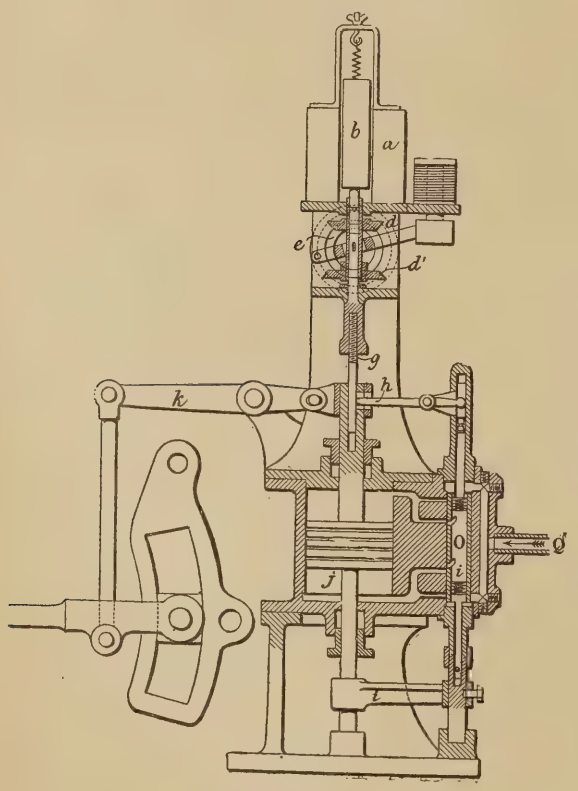


Fig. 8

L'electro auxiliaire *r* a pour objet d'éviter les emportements du moteur, en cas, par exemple, d'une rupture du circuit; il lache alors immédiatement son armature, dont le levier met la roue *d* en prise avec *e*, de manière à arrêter le moteur (1).

(1) Disposition analogue à celle de Richardson. *La Lumière Électrique*, 21 novembre 1885, p. 341.

Les mécanismes de commande du distributeur O peuvent revêtir les formes les plus diverses: c'est ainsi que l'on obtient (fig. 5), le mouvement de servo-moteurs, en faisant actionner le distributeur O par un levier $b^2 b^3$, dont l'axe a_3 est solidaire du levier h_3, correspondant au levier *h* de la figure précédente, et dont l'extrémité b^3 participe par c^3 au mouvement du piston *j* (1).

On peut aussi, comme l'indique la figure 6, remplacer l'action directe du solénoïde *a* par celle de deux électros *d d'*, activés l'un ou l'autre suivant que l'armature du solénoïde *a* fait contact en *b* ou en *b'* (fig. 7). Ce solénoïde n'a plus alors qu'à déployer un travail insignifiant.

GUSTAVE RICHARD

SUR

LES FANTOMES MAGNÉTIQUES (2)

APPLICATIONS DIVERSES

Nous avons déjà cité, dans le cours de cette étude, plusieurs applications des fantômes magnétiques. Nous devons ici en ajouter d'autres et résumer sommairement l'ensemble.

1° L'emploi du fantôme magnétique le plus ancien, le plus usité, est celui qu'on en fait pour déterminer la *position des pôles* des aimants naturels ou artificiels.

2° Pour constater l'existence et fixer la position des *points conséquents*.

3° Pour reconnaître la forme et l'étendue du *champ magnétique*.

4° Pour prendre une première idée de l'*énergie* d'un aimant, par la rigidité et l'étendue des lignes de force.

Mais les spectres magnétiques offrent bien d'autres applications :

(1) Régulateur différentiel de Willans. *La Lumière Électrique*, 17 janvier 1885, p. 102.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, nos 23, 24, 25, 26, 27, 30, 32, 33, 37, 39, 43, 44, 50, 51 (1886) et 6 (1887).

5° Non seulement ils permettent de vérifier la loi de Biot relative à la position des *pôles des aimants très longs*, ou *très fins*, ou des lames larges.

6° Mais ils peuvent servir, en général, à étudier la *distribution transversale* ou *longitudinale*, plus ou moins régulière, du magnétisme d'un aimant ou d'un électro-aimant:

7° Par exemple, à constater le *déplacement des pôles* et de la ligne neutre d'un aimant, sous l'influence d'une armature ou d'un autre aimant.

8° De plus, à déceler l'*irrégularité du magnétisme sur les deux faces d'un même pôle.*

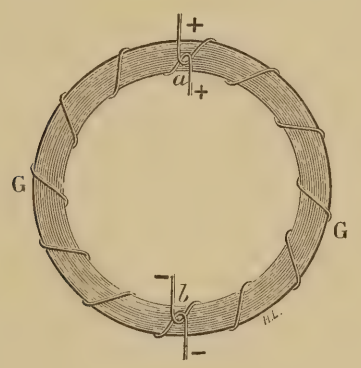


Fig. 1

A cet effet, on applique contre l'aimant un morceau de fer de mêmes dimensions et l'on produit le fantôme sur la face opposée à celle qui est en contact avec l'aimant.

Quand l'aimantation est régulière, les lignes de force sur l'aimant offrent de part et d'autre une disposition symétrique en arêtes de poisson. Mais, si l'aimant est plus aimanté d'un côté que de l'autre, la disposition en arêtes ne présente plus, sur le côté le moins énergiquement aimanté, que des filets très inclinés et non hérissés. On constate aussi que si un pôle est plus aimanté d'un côté que de l'autre, c'est le côté opposé qui se trouve le plus aimanté pour l'autre pôle (du Moncel).

9° L'observation des formes qu'affectent les fantômes des courants électriques, rapprochée des principes de Faraday sur les lignes de force, conduit, comme conséquence immédiate, aux célèbres *propositions d'Ampère : Deux courants parallèles et de même sens s'attirent; deux courants parallèles de sens contraires se repoussent.* Il en est de même des actions réciproques des aimants et des courants, quand ils se trouvent dans le champ magnétique les uns des autres.

10° Les fantômes magnétiques servent à tracer les *courbes équipotentielles*, qui sont normales aux lignes de force.

11° Nous avons vu comment les lignes de force permettent de *mesurer l'intensité relative* de deux aimants en présence, ou de deux électro-aimants et, par suite, de deux courants (1).

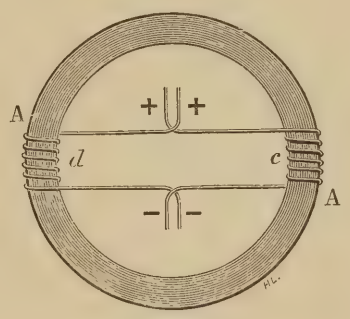


Fig. 2

12° Pour étudier le *champ magnétique dans l'espace*, d'un aimant puissant ou d'un électro-aimant, on peut se servir de limaille de fer très fine (fer porphyrisé) en suspension dans l'eau gommée.

13° Une application des fantômes magnétiques a été faite par le Dr Hammerl, dans une étude relative à *l'influence du mode d'enroulement, sur l'aimantation des anneaux de fer doux* (2).

Les figures 1 et 2 représentent deux anneaux de fer identiques. Autour de chacun d'eux on enroule un fil qui a les mêmes dimensions dans les deux cas; il est disposé en spires lâches autour du premier, tandis que dans le second, les spires occupent 1/36 de la circonférence sur chaque demi-anneau. Le courant qui traverse le fil est le même dans les deux cas. On constate par des mesures directes (au moyen du galvanomètre

(1) Voir *La Lumière Électrique*, t. XXI, p. 258.
(2) *La Lumière Électrique*, t. XIX, p. 26.

balistique) que le moment magnétique décroît à mesure que les spires s'élargissent.

« Le même fait peut être mis en évidence par la considération des fantômes magnétiques ; la figure 3 représente le fantôme magnétique obtenu avec l'anneau G (fig. 1). Dans ce cas, les lignes de force suivent des trajectoires rectilignes entre les deux pôles, tandis que dans le second cas, elles s'infléchisent à l'intérieur de l'anneau, de telle sorte que, dans ce dernier cas, une bobine, formant bague, coupe normalement les lignes de

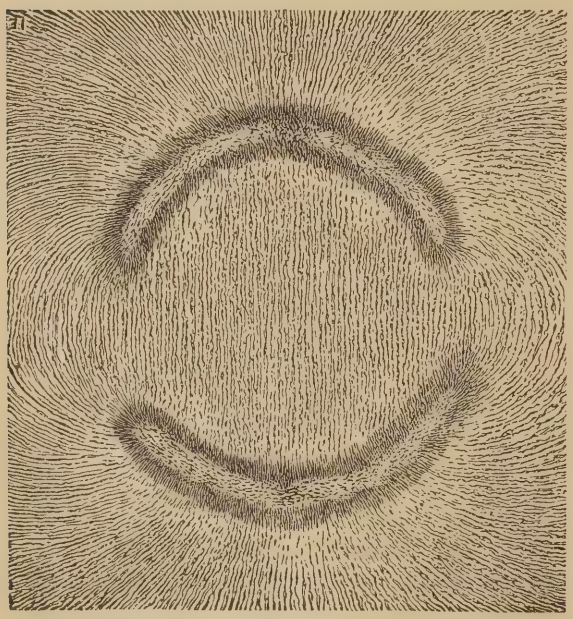


Fig. 3

force, pendant tout le temps de son déplacement d'un point neutre à l'autre. A mesure que l'on élargit les bobines *c* et *d*, la courbure des lignes de force à l'intérieur de l'anneau va en diminuant jusqu'au moment où ces lignes deviennent des droites, ce qui est le cas extrême de la figure 3. »

14° *Déductions pratiques tirées de l'hypothèse des lignes de force.*

Que l'on considère les lignes de force comme existant ou non, indépendamment de la présence de tout corps magnétique, toujours est-il qu'en Angleterre on fait application de ces lignes dans maintes circonstances pratiques, et jamais cette application n'a induit en erreur.

On s'appuie sur les faits suivants :

Quand une bobine de fil à circuit fermées déplace dans un champ magnétique ;

1° Plus elle rencontre de lignes de force, en un temps donné, plus le courant induit qui s'y developpe est intense ;

2° Quand le nombre des lignes de force qu'elle rencontre va en *augmentant* (quelles que soient la position et la distance de cette bobine à l'égard de l'aimant). il se produit un courant *inverse* dans la bobine ;

Fig. 4

3° Lorsque le nombre de lignes rencontrées va en *diminuant*, le courant est *direct*.

Lors donc que l'on connaît bien le fantôme magnétique d'un aimant ou d'un électro-aimant, on peut dire, *a priori*, quels effets se produiront pour une position et une vitesse données d'une bobine dans le champ magnétique [1].

15° C'est la considération des lignes de force qui a permis à M. Hughes de prévoir et de vérifier tous les effets d'induction qui peuvent se produire quand une bobine est déplacée dans un champ magnétique, suivant les différentes positions qu'on

[1] *La Lumière Électrique*, t. II, p. 333.

peut lui donner à l'égard de l'axe magnétique de l'inducteur [1].

16° C'est aussi l'observation des fantômes qui a conduit M. Gravier à la construction des *armatures* nouvelles *à molécules orientées*, et à celle d'un voltmètre fondé sur ce principe [2].

Nous devons mentionner, sinon comme une application immédiate des fantômes, du moins comme un fait scientifique curieux, les expériences très intéressantes de M. Collardeau *sur les spectres magnétiques produits au moyen de substances peu magnetiques*, spectres affectant les formes des lignes équipotentielles [3].

C. Decharme

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur la détermination des pôles dans les aimants par M. Mascart [1].

On sait, depuis les travaux d'Ampère, que l'action extérieure d'un aimant équivaut à celle de deux couches magnétiques, de masses égales et de signes contraires, distribuées sur sa surface suivant une certaine loi. La distribution du magnétisme, c'est-à-dire la densité en chaque point des couches fictives superficielles, est définie quand on connaît les forces extérieures, mais par des fonctions très complexes qui n'ont été encore résolues dans aucun cas particulier.

Les méthodes généralement employées ne donnent que la composante du champ extérieur perpendiculaire à la surface de l'aimant, or, il n'existe aucune relation simple entre cette composante et la densité de la couche fictive au point le plus voisin.

La détermination des pôles par la résultante des forces normales est aussi illusoire, et les autres méthodes proposées impliquent toujours quelque hypothèse sur l'état magnétique des barreaux. La méthode suivante me paraît à l'abri de toute objection.

Considérons, par exemple, un barreau cylindrique. En désignant par m la masse tolale de magnétisme située sur une des moitiés de l'aimant, le flux de force émis par la couche fictive correspondante est $4\pi m$; appelons aussi f l'action moyenne des deux couches sur la section médiane s du barreau. Si l'on entoure le milieu de l'aimant par une bobine de n tours reliée avec un galvanomètre balistique et qu'on enlève brusquement cette bobine jusqu'à une grande distance de l'aimant, la décharge induite est proportionnelle au flux de force occupé par la bobine, c'est-à-dire

$$n(4\pi m - fs) = 4\pi n m\left(1 - \frac{fs}{4\pi m}\right)$$

On voit aisément que, pour des barreaux qui ne sont pas très courts, la parenthèse de la dernière expression ne diffère pas sensiblement de l'unité; dans tous les cas, on peut calculer le terme de correction avec une approximation suffisante.

Cette première expérience permet donc de calculer la quantité de magnétisme m; en mesurant ensuite le moment magnétique $m\mathrm{L}$ du barreau par un procédé quelconque, on en déduira la longueur magnétique L et, par suite, la position des pôles.

Ce moment magnétique peut être déterminé par une méthode d'induction en employant le même galvanomètre balistique et le même circuit, de manière à éliminer toutes les constantes du galvanomètre.

Pour cela, on place le barreau au milieu d'une longue bobine cylindrique ayant n_1 spires par unité de longueur. Si l'on appelle S la section de la bobine, $\pm$ V les potentiels moyens de l'aimant sur les bases de la bobine, la décharge induite dans le galvanomètre, quand on enlève l'aimant, est proportionnelle à l'expression [1]

$$4\pi n_1 m\mathrm{L} - 2 n_1 \mathrm{V S} = 4\pi n_1 m\mathrm{L}\left(1 - \frac{\mathrm{V S}}{2\pi m\mathrm{L}}\right)$$

(1) *La Lumière Électrique*, t. VI, p. 217, 220.

(2) *La Lumière Électrique*, t. XVII, p. 17.

(3) Voir *La Lumière Électrique*, du 12 mars 1887, p. 83.

(4) Note présentée à l'Académie des Sciences, le 7 mars 1887.

(1) Voir Mascart et Joubert, *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*, t. II, p. 700.

Il suffit de donner à la bobine une assez grande longueur pour que le terme de correction compris dans les parenthèses soit facile à calculer, ou même rendu négligeable.

Les angles d'impulsion θ et θ' du galvanomètre dans les deux cas étant proportionnels aux décharges, il reste simplement, en faisant abstraction, des termes de correction,

$$\frac{\theta'}{\theta} = \frac{4\pi n_1 m L}{4\pi n m} = \frac{n_1}{n} L$$

$$L = \frac{n}{n_1}\frac{\theta'}{\theta}$$

On peut même choisir les nombres de tours n et n_1 de telle façon que les angles θ et θ' diffèrent très peu l'un de l'autre et éliminer ainsi les corrections relatives au galvanomètre balistique.

Je reviendrai plus tard sur les résultats fournis par cette méthode.

Sur la conductibilité électrique des dissolutions salines de concentration moyenne, par M. E. Bouty (1)

CHAPITRE III

SUR LA CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DES MÉLANGES DE SELS NEUTRES

On ne sait que fort peu de chose sur la conductibilité des mélanges de sels neutres. Aucune règle générale n'a encore permis de la déduire exactement de la conductibilité, supposée connue, des dissolutions salines simples.

Il y avait lieu d'examiner si la difficulté du problème tenait à la nature même de la conductibilité électrolytique ou si elle n'était pas plutôt liée à la variabilité des équilibres chimiques possibles au sein des dissolutions. Après bien des tâtonnements, c'est à cette dernière hypothèse que je me suis arrêté. Je me suis rencontré dans cette voie avec M. Foussereau (2), que des recherches, poursuivies dans un but différent, amenaient sur le même terrain.

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 12 mars 1886.

(2) Foussereau, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CIII, p. 248.

Est-il permis d'assimiler un mélange salin à un conducteur hétérogène, c'est-à-dire de calculer la résistance spécifique R du mélange par la formule

$$(9) \qquad \frac{1}{R} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R''} + \frac{1}{R'''} \cdots$$

exprimant que les conductibilités s'ajoutent? Si cette assimilation est légitime en principe, à quelles restrictions est-elle pratiquement soumise?

La formule (9) qui, pour les diverses parties d'une même dissolution simple, n'exprime qu'une identité, n'est déjà plus applicable quand on fait varier la dilution : elle conduirait à admettre que la conductibilité moléculaire est constante, et l'on sait que, pour tous les sels, cette conductibilité croît à mesure qu'on augmente la quantité d'eau. Je n'ai donc comparé entre elles que des dissolutions contenant, sous le même volume de 1 litre, le même nombre total de molécules salines; cette condition exclut déjà les dissolutions très concentrées, dont la formation est accompagnée de variations de volume différentes d'un sel à un autre pour une quantité d'eau déterminée et un même nombre donné de molécules salines. Je me suis ensuite adressé à des sels de même acide ou de même base, sans action chimique connue, et j'ai trouvé qu'effectivement la conductibilité du mélange ne diffère pas sensiblement de la somme des conductibilités de ses éléments.

Dans les tableaux suivants, m désigne le nombre *total* d'équivalents en grammes par litre de la dissolution; K_0 le rapport de la résistance moléculaire à o degré du sel ou du mélange de sels à la résistance moléculaire du chlorure de potassium de même concentration atomique.

Nature du mélange salin ($m = 0,1$)	K_0 observé	K_0 calculé	Différence
$Pb\,O, Az\,O^5$,.....	1,462	admis	
$KO, Az\,O^5$.....	1,133	admis	
$\frac{1}{2}$ ($Pb\,O, Az\,O^5 + KO, Az\,O^5$)	1,269	1,276	+0,007
$\frac{1}{4}$ (3 $Pb\,O, Az\,O^5 + KO, Az\,O^5$)	1,367	1,363	—0,004
$\frac{1}{3}$ ($Pb\,O, Az\,O^5 + 2KO, Az\,O^5$)	1,229	1,225	—0,004
$\frac{1}{5}$ $Pb\,O, Az\,O^5 + 4KO, Az\,O^5$)	1,193	1,187	—0,006

Les mélanges ternaires de chlorure de potassium, d'azotate et de sulfate de potasse et les divers mélanges binaires de ces trois sels, les mélanges de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc se comportent de la même manière.

Si l'on adopte d'une manière générale le mode de calcul que nous avons suivi et que l'on s'adresse à des sels susceptibles de réagir entre eux, la mesure de la conductibilité préviendra de l'altération subie. Voici les principaux cas que j'ai examinés :

1. Le sulfate de zinc et le sulfate de potasse donnent naissance au sel

$$KO, SO^3 + Zn\,O, SO^3 + 6\,HO$$

susceptible de cristalliser, mais qui n'existe pas en dissolution très étendue. Quand une molécule de sel double remplacera, dans une liqueur, deux molécules de sel simple, la résistance se trouvera augmentée. Les tableaux suivants montrent que la quantité de sel double est toujours très faible, mais qu'il en existe encore quelques traces dans des liqueurs déja étendues ($m = 0,1$).

m	K_0 observé	K_0 calculé	différence
$\frac{1}{2}(KO, SO^3 + Zn\,O, SO^3)$			
1,0	2,197	2,046	— 0,151
0,5	1,958	1,855	— 0,103
0,2	1,741	1,698	— 0,043
0,1	1,601	1,573	— 0,028
0,05	1,473	1,483	+ 0,010
0,02	1,363	1,367	+ 0,004
0,01	1,305	1,299	— 0,006
$\frac{1}{3}(KO, SO^3 + 2\,Zn\,O, SO^3)$			
1,0	2,642	2,461	— 0,182
0,5	2,356	2,177	— 0,179
0,2	1,989	1,963	— 0,026
0,1	1,819	1,781	— 0,038
0,05	1,678	1,657	— 0,021
0,02	1,510	1,490	— 0,020
0,01	1,399	1,397	— 0,002
0,005	1,309	1,311	+ 0,002
0,002	1,219	1,214	— 0,005

2. Un cas de statique chimique plus intéressant est celui du mélange de deux sels d'acide et de base différents. On sait que les quatre sels formés par l'union de chaque acide et de chaque base coexistent dans la liqueur; mais, dans bien des cas, le mélange des dissolutions n'est accompagné d'aucun phénomène calorifique appréciable et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on sait calculer la proportion dans laquelle se fait le partage. L'électromètre permettra de combler cette lacune, particulièrement dans le cas du mélange d'un sel alcalin et d'un sel de l'un des métaux communs, zinc, cuivre, fer, etc.

Je citerai, comme exemple, le mélange à équivalents égaux de sulfate de zinc et de nitrate de potasse.

Pour $m = 0,5$ et pour les quatre sels possibles, l'expérience fournit les valeurs suivantes de K_0 :

Sels	K_0
$Zn\,O, SO^3$	3,335
$Zn\,O, Az\,O^5$	1,579
KO, SO^3	1,285
$KO, Az\,O^5$	1,190

d'où l'on déduit, pour les mélanges à équivalents égaux des deux groupes de sels différents,

Sel	K_0
$\frac{1}{2}(Zn\,O, SO^3 + KO, Az\,O^5)$	1,754
$\frac{1}{2}(KO, SO^3 + Zn\,O, Az\,O^5)$	1,416

valeurs assez écartées l'une de l'autre pour pouvoir donner prise à un calcul de proportion.

L'expérience directe, effectuée sur les liqueurs résultant de ces deux mélanges, a fourni les valeurs de K_0, 1,643 et 1,648, intermédiaires aux précédentes et identiques entre elles aux quantités près de l'ordre des erreurs d'expérience. Les quatre sels existent donc dans chacun des mélanges binaires, et ils s'y trouvent dans une proportion indépendante de la manière dont les acides et les bases étaient primitivement associés.

Soit x la proportion du groupe $KO, SO^3 + Zn\,O, Az\,O^5$; x est déterminé par la formule

$$\frac{x}{1,416} + \frac{1-x}{1,754} = \frac{1}{1,6445} \tag{10}$$

d'où

$$x = 0,276$$

Les mêmes expériences, réalisées pour une dilution plus grande ($m = 0,1$), ont donné $x = 0,263$.

Un excès de nitrate de potasse ou de nitrate de zinc ne modifie pas sensiblement la valeur de x; par exemple, le mélange

$$2\,KO, Az\,O^5 + Zn\,O, SO^3$$

($m = 0,5$) donne $x = 0,283$.

Au contraire, un excès de sulfate diminue la valeur de x, sans doute par suite de la formation de sulfate double. Avec

$$2\,Zn\,O, SO^3 + KO, Az\,O^5$$

($m = 0,5$), on a trouvé

$$x = 0,220$$

mais ce nombre n'a plus de signification précise, puisque le mélange est plus complexe que ne le suppose la formule employée.

Le calcul devient encore illusoire dans deux cas :

1° Pour les dilutions extrêmes, car, tous les coefficients de la formule (10) ayant pour limite l'unité quand m tend vers 0, cette formule se réduit, à la limite, à une identité et x est indéterminé;

2° Pour les sels caractérisés par des valeurs de K_0, telles que le calcul donne pour les deux mélanges binaires simples des valeurs de K_0 très voisines. Les coefficients de la formule (10) sont alors sensiblement égaux entre eux et x est indéterminé.

Soient K, K', K_1, K'_1 les valeurs de K_0 pour chacun des sels simples. On a, dans ce second cas,

$$\frac{1}{K} + \frac{1}{K'} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K'_1} \tag{11}$$

On peut satisfaire à cette équation en posant

$$\begin{aligned} K &= a + b \\ K' &= a' + b' \\ K_1 &= a + b' \\ K'_1 &= a' + b \end{aligned} \tag{12}$$

a et a', b et b peuvent alors être considérés comme des coefficients caractéristiques des deux acides et des deux bases, et les mesures faites sur les quatre sels séparés permettent de déterminer ces coefficients. D'après M. Kohlrausch, la relation (11) serait à peu près vérifiée pour la plupart des dissolutions étendues. S'il en est ainsi, le calcul ne fournira de bons résultats que pour des liqueurs assez concentrées, telles que nous les avons employées ci-dessus.

Action propre de l'eau distillée.—Nous sommes maintenant en mesure d'examiner si l'on est en droit d'appliquer la formule (9) au calcul de la résistance propre R' d'un sel dissous, en quantité très minime, dans une eau distillée de résistance E connue. Soit R la résistance de la dissolution : on aurait alors

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{E} + \frac{1}{R'} \tag{13}$$

Pour se prononcer, il faut d'abord savoir ce qu'on peut entendre par *résistance propre d'un sel dissous.* Les sels solides sont isolants et la résistance moléculaire des sels dissous varie avec la dissolution ; on ne peut donc envisager la résistance du sel dissous indépendamment de l'eau de dissolution ; *on ne peut se livrer à aucun calcul rationnel faisant intervenir la conductibilité propre de l'eau.*

Mais les variations énormes de la conductibilité de l'eau distillée, suivant qu'elle a ou non séjourné à l'air d'un laboratoire, dans des vases de verre ou de porcelaine, etc. [1], prouvent que la majeure part, sinon la totalité, de cette conductibilité électrique doit être attribuée aux matières étrangères, acides ou sels, que l'eau distillée contient en dissolution. Quand on dissout un nouveau sel dans cette eau, il faut examiner si la relation

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R''} + \frac{1}{R'} \tag{14}$$

est ou non applicable; R'' mis à la place de E représente ici *la résistance de la dissolution nom-*

[1] Foussereau, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. V, p. 338; *Journal de Physique*, 2e série, t. IV, p. 208.

mée eau distillée et nous rentrons dans l'étude à laquelle est consacré ce chapitre.

1° Tant que m est supérieur à 0,001, par exemple, la résistance R″ de l'eau distillée est si grande par rapport à R, qu'il est parfaitement légitime de confondre R et R′. C'est le cas de toutes mes expériences.

2° m est beaucoup plus petit que 0,001 ; à mesure que la dilution augmente, la proportion relative du sel R″ apporté par l'eau distillée augmente ; elle finit par atteindre et dépasser celle du sel étudié R′. Alors le calcul cesse d'être applicable rigoureusement.

Supposons, pour simplifier, que les deux sels sont identiques. Par exemple, l'eau distillée apporte avec elle du sulfate de zinc à la dose de $m = 0{,}00001$ et l'on y ajoute une quantité égale de sulfate de zinc. On a alors, par l'application de la formule (6), $R' = R'' = 1{,}064$ en prenant pour unité la résistance de la dissolution *pure* de chlorure de potassium de même concentration. Or l'expérience donnera sensiblement $R = 0{,}5405$ (1). Prenant pour inconnue R′ dans la formule (14) dans laquelle on suppose R″ et R connus, on trouve

$$R' = 1{,}0985$$

au lieu de 1,64. On attribuerait ainsi au sel dissous une résistance moléculaire d'autant plus forte que l'au distillée contiendrait déjà une plus forte proportion du même sel. Cet effet ne deviendra insensible que pour les sels tels que le chlorure de potassium ou les sels de potasse dont la conductibilité moléculaire varie peu avec la dilution.

Si les deux sels R″ et R′ différent, on ne peut plus rien dire de général. S'ils sont sans action chimique l'un sur l'autre, les choses se passent à peu près comme pour un sel unique : la présence du sulfate de cuivre dans l'eau distillée accroîtrait donc la résistance calculée R′ du sulfate de zinc et inversement. S'il y a double décomposition, on trouvera, suivant les cas, des valeurs de R′ trop fortes ou trop faibles, et il est évident que les erreurs commises pourront devenir considérables. En particulier, si l'eau renferme un acide ou une base libre, les mesures relatives à un sel basique ou à un sel acide perdront toute espèce de signification.

On voit donc que l'exclusion des dilutions extrêmes s'impose. *Les arguments à l'encontre de la loi limite des équivalents tirés d'expériences où l'on fait usage de ces dilutions sont de nulle valeur.*

(1) Calculé par la formule (6) en négligeant la très légère variation de conductibilité moléculaire de KCl.

Les communications télégraphiques avec les trains de chemins de fer.

Au cours d'une conférence faite à l'Institut Canadien, le 3 avril 1886, M. le Dr Rosebrugh s'est occupé de la priorité de l'invention de la télégraphie avec les trains en marche ; comme nous avons déjà décrit cette application remarquable, qui a été brevetée, sous deux formes très voisines, d'un côté par MM. Gilliland et Edison, et d'autre part par M. Phelps, nous laisserons de côté la description du conférencier, et nous citerons seulement ce qui se rapporte à la priorité de l'invention.

D'après M. Rosebrugh, ce serait, en grande partie, une invention canadienne, et il a cherché à le prouver par les faits suivants :

Au mois de septembre 1877, une ligne téléphonique privée fut construite à Montréal, entre King street et Charles street ; c'était avant l'introduction des sonneries magnétiques, et comme la pile ne fut appliquée à la ligne que quelque temps après la construction de celle-ci, il fallait trouver un autre procédé pour les appels.

On essaya donc, à cet effet, comme générateur un appareil médical faradique ordinaire, et comme récepteur, le diaphragme d'un téléphone. Cette combinaison fut décorée du nom de *buzzer*, à cause du bourdonnement qu'on obtenait au téléphone.

Un mois ou deux plus tard, ce principe servit de base à un système télégraphique inventé à Toronto et qui consistait à employer une bobine d'induction, un vibrateur, une pile locale et une clef comme transmetteur, le récepteur étant un téléphone magnétique.

Au printemps de 1878, M. George Black fit la découverte importante qu'on pouvait établir un circuit téléphonique à travers un condensateur électrique. Cette découverte ouvrit le chemin à l'application du téléphone et des appareils télé-

phoniques en duplex sur les fils ordinaires du télégraphe, et on constata qu'il était possible, au moyen de condensateurs, d'établir un circuit artificiel pour les instruments téléphoniques, indépendamment des signaux télégraphiques. Les condensateurs remplissent dans ce cas un triple but; ils empêchent d'abord les lignes télégraphiques de communiquer ou d'être mises à la terre, ils font pont, relativement à l'interruption produite par le manipulateur télégraphique, et enfin ils suppriment l'induction.

Cette découverte forme la base, non seulement de la télégraphie avec les trains, mais aussi du phonoplex ou système duplex d'Edison, ainsi que du système de M. Van Rysselberghe, actuellement appliqué en Belgique et en France.

Dans tous ces systèmes, des courants électriques induits sont transmis au circuit télégraphique, au moyen de condensateurs, et les courants primaires du système télégraphique, aussi bien que les courants induits du système téléphonique, sont envoyés simultanément et sans interférer entr'eux.

Une demande de brevet pour cette invention fut déposée à Washington, au mois de juin 1878, et le brevet fut accordé au mois de février 1879. Ce brevet contient les revendications suivantes :

1° La combinaison dans une ligne d'embranchement, ou dérivée d'un circuit voltaïque, d'un condensateur, d'un téléphone ou d'un appareil pour produire des courants induits pour la transmission des signaux;

2° La combinaison d'un ou de plusieurs fils télégraphiques et d'une ligne d'embranchement et d'un condensateur relié à chacun de ces fils télégraphiques, et avec un fil de terre commun, sur lequel sont intercalés des appareils téléphoniques.

L'auteur ne veut diminuer rien, l'honneur qui revient, d'un côté à M. Smith pour avoir conçu l'idée de la télégraphie avec les trains, et d'autre part à MM. Edison et Gilliland pour l'avoir développée. Il n'a d'autre désir que de montrer les faits sous leur vrai jour. Quant à la valeur commerciale du système de communications télégraphiques avec les trains, et au rôle pratique qui lui est réservé, l'auteur ne peut pas se prononcer : mais il est certain que ce système a vivement intéressé tous ceux qui s'occupent de chemins de fer.

Expériences sur le téléphone thermique de M. Preece, par C. R. Cross (1).

Au nombre des récepteurs téléphoniqnes qui sont plutôt des jouets scientifiques que des appareils susceptibles d'un emploi pratique, il faut citer le téléphone récepteur de M. Preece. Il est composé, comme on sait, d'un fil très fin dont une extrémité est attachée au centre du diaphragme, tandis que l'autre est fixe; ce fil est placé dans un circuit comprenant un microphone et une pile. Lorsque la membrane de celui-ci vibre, les variations du courant qui en résultent se traduisent dans le fil par des variations de température; par suite, la longueur et la tension du fil varient, ce qui provoque les vibrations du diaphragme nécessaires à la reproduction de la parole.

M. Cross vient de faire une série de recherches pour déterminer les conditions dans lesquelles le récepteur Preece donne le maximum d'intensité et la plus grande netteté à la parole. Dans ces expériences, le courant était fourni par une batterie de 1 à 12 éléments Grenet, et le microphone était un appareil de Hunning. En prenant égale à 10 l'intensité du son perçu au téléphone Bell ordinaire, lorsqu'il est utilisé comme transmetteur et comme récepteur, et lorsqu'on parle distinctement sans élever la voix, l'auteur a obtenu les résultats suivants :

Fil de maillechort : diamètre 0,18 m. m. au rouge naissant

Longuenr	Nature de la voix	Intensité
266.7	Faible mais distincte.	3
190.5	Plus claire.	7
127.0	—	8
76.2	Mauvaise et indistincte.	4

Fil de platine : diamètre, 0,15 m. m. au rouge naissant

266.7	Distincte.	Faible.
190.5	Sans changement.	Aussi intense que dans un téléphone magnéto
165.1	—	Plus intense.
114.3	—	Plus faible.
63.5	Très indistincte.	A peine perceptible.

(1) *Proceedings of the American Academy of Arts and Science*, 1886, vol. XXI, p. 257.

Fil de platine : diamètre 0,05 m. m.
au rouge naissant

127.0	Peu distincte.	5
76.2	Moins distincte.	9
44.4	Pas de son.	0

Il résulte donc de ces expériences et d'autres encore que nous ne citons pas, que les meilleurs résultats s'obtiennent avec un fil de platine de 0,15 à 0,10 m. m. de diamètre. En outre, l'intensité du son augmente avec la température du fil, ce qui doit être attribué à la plus grande dilatation du fil aux hautes températures.

Il a été impossible d'obtenir le moindre son en plaçant le récepteur thermo-téléphonique dans le circuit secondaire de la bobine d'induction d'un microphone, même en élevant la température du fil par un courant d'air chand ou par un courant électrique.

Sir W. Thomson ayant démontré dans ses recherches sur les qualités électro-dynamiques des métaux que leur résistance électrique doit varier avec leur tension moléculaire, le téléphone thermo-électrique doit donc pouvoir être aussi utilisé comme transmetteur. Cest ce que M. Cross a constaté dans certaines limites, en employant un fil de 114 millimètres de long, de 0,10 m. m. de diamètre et une batterie de 10 éléments; le son perçu au téléphone magnétique Bell était très faible, mais assez distinct.

A. P.

Les lampes à incandescence, leur emploi et leur fabrication, par le major général C. E. Webber (1).

S'il est indispensable pour l'industrie d'être tenue au courant, au fur et a mesure de leur apparition, des divers progrès de détail de chaque branche de la technique, il est bon de temps en temps de donner une vue d'ensemble. A ce titre, nous pensons que nos lecteurs parcourront avec intérêt le travail ci-après, auquel nous nous contentons de retrancher quelques paragraphes sans intérêt pour le lecteur français.

« Je n'ai pas l'intention de faire une dissertation sur les diverses espèces de lampes à incandescence, qui ont paru depuis l'époque de leur découverte, entre 1840 et 1850, par de Moleyns, Starr et King. Je ne veux pas non plus faire l'historique des inventions qui ont abouti à la lampe à incandescence actuellement dans le commerce.

L'objet que j'ai en vue ici, est de montrer que la fabrication des lampes à incandescence est une industrie qui prend beaucoup d'extension et dont le développement et le succès peuvent, avant peu, intéresser tout le monde directement. Je ne rappellerai l'antagonisme des inventeurs rivaux et les querelles de priorité qui en sont résultées qu'autant que cela sera nécessaire.

Il est certain que l'on ne peut pas demander actuellement au public de montrer autant d'intérêt pour la question que je vais traiter que pour une conférence sur les bougies et les lampes, mais je crois que des connaissances générales aideront à la vulgarisation du sujet et convaincront ceux qui n'ont pas encore accepté ce fait, que l'éclairage électrique à domicile est bien une réalité et que cette petite ampoule contenant un filament, qui devient incandescent par l'effet du passage d'un courant électrique, a rendu possible et pratique un système d'éclairage qui est supérieur à tout autre au point de vue sanitaire et économique.

On a dit, un peu partout, beaucoup de choses déraisonnables sur ces avantages. Lors de la première apparition de la lampe à incandescence, ses inventeurs ont trompé le jugement du public en réclamant pour elle plus de qualités qu'elle n'en pouvait avoir. Dans les expositions où on l'a produite, tous les exposants rivalisaient dans le même sens, c'est-à-dire à produire un éclairage éclatant dans lequel la petite lampe à incandescence se trouvait placée à côté des foyers intenses à arc. L'exhibition de groupes de lampes de 15 à 20 bougies devint une habitude et inconsciemment le public fut amené à les comparer, dans son esprit, avec les becs de gaz et les lampes Argand, qui ont une intensité bien moindre. Mais, naturellement, en arrivant à l'usage pratique, on se trouvait en présence d'une différence de frais provenant en premier lieu des dépenses de premier établissement du système électrique, qui était fortement augmentée par le fait qu'on ne tenait pas compte de l'intensité relative de ces lampes et des autres moyens d'éclairage.

Accoutumés à un éclairage présentant à l'œil une flamme large et douce, contenant des parties

(1) Conférence faite à la *Society of Arts*, le 8 décembre 1886.

incandescentes très disséminées, nous n'étions pas préparés à apprécier la puissance lumineuse bien plus grande de cette petite ligne brillante que nous voyons en regardant la lampe à incandescence.

Ceux dont les yeux pouvait supporter ces effets aveuglants triomphaient de cette augmentation de la puissance de l'éclairage, tandis que les malheureux, dont la rétine était plus sensible, s'y soumettaient encore pour échapper à l'éclat encore plus vif de l'arc.

Des expositions, la lumière électrique passa, avec les traditions de l'éclairage au gaz, dans nos services publics, et de là dans nos appartements.

Partout, les lampes à incandescence étaient attachées aux appareils à gaz ou suspendues au plafond, de sorte qu'en entrant dans une pièce éclairée par un certain nombre de ces appareils, l'œil était frappé par une brillante ligne lumineuse, à en être ébloui pendant un certain temps. Et, en réalité, en examinant soigneusement les endroits éclairés au moyen de lampes à incandescence, je suis arrivé à cette conclusion que l'œil est beaucoup plus long qu'on ne le croit à se remettre des effets de cette soudaine paralysie de sa sensibilité, et que ceux qui demandent plus de lumière sont simplement affectés d'un obscurcissement temporaire et ont perdu la faculté de discerner dans quelles limites il faut réellement éclairer les objets environnants.

Dans plus d'un club de Londres où l'on a suivi les idées que je viens d'indiquer lors de l'installation de l'éclairage électrique, bien que la puissance lumineuse de ce système soit environ trois fois celle des lampes précédemment en usage, on entend constamment les jeunes gens dire qu'il n'y a pas assez de lumière tandis que les plus âgés ne savent où aller pour éviter cet éclat.

Parmi les procédés proposés pour y remédier, je ne saurais admettre celui qui émane d'un architecte bien connu qui prétend que, de même que le soleil qui nous éclaire le jour est au-dessus de nos têtes et bien plus élevé que la direction ordinaire des rayons visuels, de même nous devrions disposer nos lampes électriques à la partie supérieure de nos appartements et augmenter leur puissance et leur nombre de manière à compenser la perte de lumière due à la distance. C'est sur cette idée que repose l'introduction des lampes à incandescence dans les ornements de la corniche de certains locaux et leur substitution aux becs de gaz, lampes et bougies dans les lustres et candélabres.

Au point de vue économique, nous voyons pourquoi les frais de l'éclairage électrique ont arrêté son emploi concuremment avec le gaz qui est bon marché, puisqu'en même temps, la lumière à arc, qui est cependant moins chère, est délaissée et condamnée.

Les frais de cet éclairage sont encore augmentés par les écrans qui empêchent la vision directe des lampes à incandescence, mais, si les lampes à arc étaient plus répandues, leur bon marché permettrait de perdre beaucoup de lumière en n'employant celle-ci que réfléchie par la surface de réflecteurs.

L'efficacité des lampes à arc est si assurée qu'on ne peut presque plus leur faire d'objections. Celles qui concernaient l'apparence blafarde de la lumière ont été détruites par les expériences du capitaine Abney et d'autres sur la coloration de la lumière électrique.

Après avoir visité des installations d'éclairage électrique en Angleterre et sur le continent, je suis arrivé à conclure qu'avec tous les systèmes de lampes électriques employés dans les appartements, l'œil ne devrait jamais rencontrer la source lumineuse, même lorsqu'il devrait y avoir 30 o/o de perte par suite du passage de la lumière dans des milieux obscurs; que les lampes à arc employées dans toutes les grandes salles devraient être placées très haut et, autant que possible, de manière que leurs rayons ne rencontrent l'œil que par réflexion seulement. Les lampes à incandescence elles devraient être toujours abritées et disposées aussi près que possible de l'objet à voir, par exemple, à des crochets fixés au cadre des tableaux et avec des réflecteurs opaques.

A table, où l'on se sert de linge blanc, elles doivent être bien dissimulées dans des enveloppes presque opaques. Pour lire et pour écrire, il suffit d'avoir des lampes d'une faible intensité, qui fatigueront moins l'œil lorsqu'elles seront cachées dans des globes opaques suspendus à des supports recourbés et environ à vingt pouces du papier. Pour l'éclairage des appartements, les globes peuvent être semi-opaques, mais les réflecteurs devraient être aussi brillants que possible.

Dernièrement, le Conseil de « Royal Albert Hall » a fait, dans cet établissement, quelques expériences de distribution de lumière.

On a essayé les lampes à arc dans la partie supérieure et les lampes à incandescence dans la partie inférieure du hall. On a reconnu que les lampes à arc, ne pouvaient être cachées aux yeux des assistants qu'en les plaçant à l'arcade supérieure. Avec douze lampes de 2,000 bougies, on obtenait un brillant éclairage, mais la lumière réfléchie au bas du hall n'était probablement que la dixième partie de celle qui était émise. Six autres lampes suspendues dans la lanterne ne faisaient pas plus d'effet qu'un clair de lune, mais donnaient un bon éclairage, soit directement, soit par réflexion lorsqu'on les abaissait au-dessous du niveau de la corniche.

Lorsque les dix-huit lampes étaient réunies en groupe, et suspendues vers le bas du hall, l'effet lumineux produit était inférieur à celui de 32 lustres à gaz, à soixante becs chaque, qui entouraient le hall au-dessus des arcades ; mais en tournant le dos à la lumière, il était possible de lire un même caractère imprimé, dans les deux cas.

Il resterait encore à voir quel aurait été l'effet de ce groupe de lumière, si les lampes avaient été renfermées dans des globes en verre sombre.

Il s'est trouvé des partisans soit de la concentration, soit de la dispersion des lampes à arc. Mais lorsqu'il s'est agi de la concentration ou de la dispersion des lampes à incandescence servant à ces expériences, les opinions étaient presque unanimes quant au bon effet produit par la disposition des lampes au plafond de chaque loge, à l'abri des yeux du public. Eclairées par en haut comme dans les expériences en question, les loges de Royal Albert Hall, produisaient un effet féerique.

Les lumières étaient placées de manière à ne pas gêner les assistants, elles éclairaient toute la loge et comme elles étaient cachées, l'œil pouvait se rendre compte des détails de construction et de coloration, qui auparavant étaient noyés dans l'ombre.

Les essais ont démontré ce fait que, quelle que fut la perte de lumière occasionnée par cette disposition, il y avait bénéfice à l'adopter, l'œil perçoit mieux les objets dans le voisinage des lampes voilées que dans celui des lampes découvertes.

Il est curieux que, dans les théâtres, on apprécie si bien l'avantage des lampes cachées dans une partie de la salle et qu'on le néglige pour l'autre.

J'en ai vu un exemple frappant à Budapest, dans un grand théâtre que l'on a dernièrement éclairé à l'électricité. Au-dessus de la scène et cachées parmi les décors suspendus, se trouvaient sept herses de vingt lampes à incandescence, disposées de manière à pouvoir être changées, élevées ou abaissées de différentes manières, mais, comme celles de la rampe, elles étaient invisibles aux spectateurs.

Dans la salle, au contraire, des lampes étaient placées entre les branches des lustres, sur le devant des loges et des galeries, si bien que l'œil ébloui ne pouvait pas s'arrêter un seul instant sur les beautés architecturales et plastiques d'une superbe salle, garnie d'une foule venue aussi bien pour être vue, que pour voir elle-même.

Il est facile de montrer la différence des impressions produites par les divers modes de l'éclairage, en comparant l'effet produit :

1° par un groupe de 10 bougies ; 2° par un bec de gaz ; 3° par une lampe à pétrole ; 4° par une lampe à incandescence.

Au point de vue photométrique, chacune des lumières émises a la valeur d'environ dix bougies, mais quelle différence d'impression produite sur l'œil ! Cela ne prouve-t-il pas qu'il faut employer différents moyens pour remédier à l'obscurité et pour répondre à nos divers besoins ?

Ce n'est pas une raison parce que les artistes aiment les effets des contrastes de lumière et d'ombre pour que nous soyons obligés de vivre dans ces conditions-là.

Quoiqu'une femme en grande toilette puisse paraître, à son grand avantage, en restant quelques minutes sous un flot de lumière, je crois qu'elle préférerait sacrifier ce succès plutôt que de rester longtemps dans cette situation.

On peut donner une quantité d'exemples de ce genre. La cause réelle de ces divergences d'opinion provient probablement des diverses conditions de l'œil humain, relativement à sa sensibilité et à sa faculté de se préserver des effets de lumière, avant d'en subir une gêne momentanée.

Au point de vue de la fabrication, la lampe à incandescence se compose de trois parties distinctes, savoir : le filament, la monture des fils, ou les conducteurs et l'ampoule de verre.

Pour arriver au degré de perfection où l'on est parvenu, il a fallu faire de nombreuses recherches et beaucoup d'expériences.

Je n'entrerai pas dans le détail des travaux in-

dividuels dont la liste serait trop longue. Le filament a été l'objet d'un grand nombre de ces travaux; il doit satisfaire à de nombreuses conditions et on est arrivé à produire de bons filaments avec des substances très variées

La plupart des inventeurs se sont proposés de trouver une substance très réfractaire; ils ont tous fini par adopter un charbon de texture amorphe ou fibreuse auquel, par différents procédés, il ont donné la forme et la qualité qu'ils désiraient.

On connaît bien actuellement les conditions de forme, de densité, d'uniformité de section, de surface et de résistance électrique auxquelles les filaments des lampes à incandescence doivent satisfaire.

Pour la forme, on a été limité par la nécessité de loger un fil de charbon d'une longueur donnée dans une ampoule de dimensions déterminées.

Par exemple, en faisant faire une boucle au filament, on est parvenu à insérer un charbon de sept pouces de long dans une ampoule qui n'a elle-même que trois pouces, et cela sans trop se rapprocher du verre.

Une autre condition relative à la forme, est l'uniformité de section. Avec certains matériaux bruts employés, il est absolument impossible d'obtenir ce résultat sans passer la substance, après une première préparation, dans un calibre qui enlève les irrégularités de la surface, avant que la bande ou le fil ne reçoive la courbure qui précède la carbonisation.

C'est le cas avec la substance qui sert pour la fabrication du filament d'Edison; c'est un bambou spécial dont nous avons vu de magnifiques spécimens, à tous les degrés de préparation, aux expositions d'électricité de Paris et du Palais de Cristal.

Il n'en est pas de même pour les filaments obtenus en projetant un filet de cellulose visqueuse dans une solution qui la précipite. Ce procédé donne immédiatement une section parfaitement uniforme; il est employé, par exemple, pour la fabrication du filament de la lampe Brush, *Victoria*.

On comprendra immédiatement que, dans ce dernier cas, il n'est plus nécessaire d'avoir recours au dépôt ultérieur de charbon, par le procédé de Depretz, comme lorsqu'il s'agit d'autres filaments obtenus avec des matières végétales brutes de nature fibreuse ou avec des bandes de papier ou de parchemin.

Plusieurs de ces substances sont loin d'être un secret de commerce, cependant je connais sur le continent un constructeur de lampes à incandescence qui n'a jamais divulgué son système; il prépare sa substance dans son laboratoire particulier et l'apporte aux ateliers sous une forme défiant toute indiscrétion.

La substance brute est généralement enroulée sur des blocs de charbon et carbonisée à une haute température. Ici nous nous trouvons encore en présence d'une phase de la fabrication, qui a nécessité de nombreux travaux et beaucoup de recherches.

Dans le principe, on ne savait pas pourquoi la carbonisation donnait des résultats si différents. Avec certaines substances, des filaments du même échantillon, ou d'échantillons divers, présentaient des variations de contraction qui produisaient des cassures, ainsi que des différences de résistance mécanique, ou de la nature de la surface dont il était difficile de se rendre compte.

On a employé plusieurs moyens pour régler l'élévation ou l'abaissement de la température dans le four et pour supprimer le contact de l'oxygène pendant la carbonisation; les résultats ont trompé l'espoir des ingénieurs toutes les fois qu'ils ont essayé de les réduire en procédés de fabrication. Tous ceux qui ont suivi cette voie savent combien ils ont éprouvé de désappointements et comment, par des recherches lentes, régulières et patientes, par la coordination des résultats, ils ont pu déduire les conclusions qui les ont amenés à la véritable voie à suivre dans la préparation et dans le mode de carbonisation des substances brutes: depuis lors, ils n'ont eu aucune raison de s'en écarter.

Tous ont cherché à produire un charbon plus ou moins dense et uniforme, mais d'après ce qui précède, il est évident que ces procédés qui permettent d'obtenir, à ce stage de la préparation du filament, une densité suffisante et l'uniformité de section et de surface, ont une grande importance.

Nous avons maintenant à examiner une condition que l'on peut considérer comme des plus importantes pour la valeur commerciale de la lampe à incandescence. Dès 1878, on avait reconnu que pour employer un grand nombre de lampes à incandescence sur un réseau, il fallait qu'elles fussent toutes dans les mêmes conditions de tension électrique. On a constaté qu'il serait impossible de maintenir un éclairage uniforme

dans toutes les lampes d'une installation, si chacune d'elles était soumise à des conditions différentes de tension et que le seul moyen d'arriver à un résultat pratique était de relier une extrémité de toutes les lampes à un conducteur principal donnant passage à un courant suffisant pour alimenter tout le système et ayant une force électromotrice ou un potentiel au-dessus de zéro (zéro étant une « terre » empirique), assez élevés pour amener le filament à l'incandescence, et enfin de prendre des dispositions pour que cette force électromotrice fût la même dans tout le circuit.

En d'autres termes, on avait pratiquement découvert le système de distribution connu sous le nom de système en « arc parallèle ». Le second fil, ou fil de retour, était évidemment nécessaire pour compléter le circuit et pour revenir à la borne négative de la dynamo ou de tout autre source électrique.

Il est facile de reconnaître que l'expression « en arc parallèle » est mal choisie, le parallélisme des conducteurs n'ayant rien à faire avec leur efficacité. Si on les juxtapose le long des uns des autres, c'est tout simplement pour économiser le travail des ouvriers chargés des installations.

Il serait bon, je crois, que le public et surtout les compagnies d'assurances, car il y a là une question de risques d'incendie, comprennent que le second fil, ou fil de retour, correspond à la « terre » de l'électricien et qu'autant que le fil positif, est bien isolé, et éloigné du fil négatif, il n'y a réellement aucune autre précaution à prendre, et que, lorsqu'ils sont ainsi éloignés l'un de l'autre, lors même que l'un d'eux serait dénudé, on a plus de sécurité qu'avec le système actuel, dans lequel on isole un fil qui ne doit pas être en état de tension électrique. J'ai fait cette digression pour vous montrer pourquoi il est nécessaire que les lampes à incandescence soient absolument uniformes dans un pareil système de distribution; il est impossible de compenser d'une autre manière tout écart de cette règle. La principale condition est donc d'assurer cette uniformité, dans la fabrication des filaments des lampes à incandescence.

Dans une bonne lampe à incandescence, il y a deux conditions inséparables de l'uniformité de résistance, c'est l'égalité de surface et d'intensité lumineuse.

Par l'uniformité de résistance à chaud, on arrive à ce résultat que chaque lampe absorbe la même quantité de courant; on ne peut assurer cette uniformité que par des mesures électriques, en supposant réalisée l'uniformité de tension.

Par uniformité d'incandescence et de surface, on entend que les lampes donnent toutes la même intensité en bougies, résultat qu'on obtient par des mesures photométriques pendant la fabrication.

Pour remplir ces trois conditions, il faut combiner un système de mesures électriques et photométriques. Ces dernières ne sont qu'approximatives, tandis que les premières sont aussi exactes que le galvanomètre de Thomson peut les donner. Dans les deux cas cependant, lorsqu'on a à étalonner un grand nombre de filaments, on peut compter que les mesures donneront une exactitude suffisante pour une bonne lampe commerciale; et tandis que l'uniformité de la force électromotrice est une condition dont on ne peut pas s'écarter, il ne se produit en pratique aucun accident, lorsque le courant absorbé et l'intensité en bougies ne sont pas absolument uniformes.

Par conséquent, la résistance à obtenir pour chaque lampe sera celle qui, pour une différence de potentiel fixe, donnera avec de faibles variations de surface, une intensité en bougies telle que l'œil ne puisse faire de différence entre les lampes lorsqu'elles sont en activité.

Cette résistance s'obtient par la carburation [1].

Le filament carbonisé est pris entre des pinces et introduit dans un récipient de verre, plein de gaz hydrocarburé. On le fait traverser par un courant électrique qui le porte à une température élevée et le charbon du gaz s'attache ou se dépose sur la surface échauffée. Il n'est pas indispensable d'avoir recours à ce procédé, mais il constitue un moyen facile et simple pour augmenter rapidement les dimensions du filament et par conséquent pour diminuer sa résistance électrique.

Cela fait, l'opérateur se base sur les mesures déjà mentionnées pour reconnaître s'il est arrivé au type indiqué, et ramène la résistance au degré voulu, pour que, à un potentiel électrique, uniforme (ou comme l'on dit maintenant, un *voltage* uniforme), il émette une lumière correspondant l'intensité exigée pour ces lampes.

---

[1] Ce traitement est désigné par les spécialistes anglais sous le nom de *Flashing*, appellation due, paraît-il à M. Lane Fox.

Comme on voit, ce traitement doit se faire par intermittence et avec beaucoup de précautions, parce que, si le filament grossit, la résistance diminue et il faut plus de courant pour obtenir la température élevée à laquelle il y a dépôt de charbon continu dans le gaz ambiant.

Il n'y a pas grand'chose à dire de la monture de platine. Il y a de petits détails de construction et des moyens d'éviter le contact des deux côtés, qui varient un peu suivant le système, mais qui ont tous un but commun. Le platine employé, son homogénéité et son état physique font l'objet de nombreuses expériences qui exigent beaucoup de soin, et qui sont trop minutieuses pour être décrites ici.

Les filaments une fois étalonnés doivent être montés ou attachés aux conducteurs métalliques qui traversent le verre, et au moyen desquels, leurs extrémités sont reliées électriquement à l'extérieur.

Il est évident que la condition essentielle est d'obtenir un contact électrique parfait entre le métal et le charbon, sans quoi l'avenir de la lampe est fatalement compromis. C'est une question qui a occasionné beaucoup de peine aux inventeurs.

La qualité des joints entre les extrémités des conducteurs électriques a été, dans ces trente dernières années, l'objet de sérieuses études de la part des ingénieurs électriciens. Il n'est donc pas étonnant que ces raccords-là soient d'une importance capitale dans le cas qui nous occupe, puisqu'une fois scellés dans l'ampoule, on ne peut plus les retirer pour les réparer et qu'ils doivent donner passage à un courant très intense.

Les ingénieurs des télégraphes connaissaient depuis longtemps la différence produite dans la résistance de leurs fils par un emploi soigneux des joints soudés relativement aux ligatures à sec.

On a même imaginé plusieurs formes de joints de manière à ce que les raccords entre les fils et les surfaces en contact exposées au dépôt de la soudure, fussent suffisants pour neutraliser toute résistance.

L'importance de ces dispositions est encore plus grande lorsqu'il s'agit non seulement de neutraliser la résistance à ces points du circuit, mais encore de la diminuer au même endroit relativement à la résistance du charbon. Bien qu'on mette beaucoup d'ardeur à chercher la réalisation de ce desideratum, il est difficile en pratique d'empêcher l'échauffement du joint, lorsque le courant dépasse, 1,4 ampère. De là, l'invention d'un grand nombre de dispositions très ingénieuses, qui ont toutes le même but.

La question de la soudure ou du ciment à employer se rattache de près à la précédente ; je crois que tout le monde s'accorde à admettre que M. Lane Fox a été le premier à se servir du procédé du dépôt de charbon en échauffant électriquement le joint dans un vase contenant un carbure d'hydrogène, de manière à souder les surfaces du métal et du charbon. Le moyen d'y arriver est à peu près le même partout.

La monture de fil de platine ou de tout autre métal convenable est placée au contact du filament de charbon, de manière que leurs extrémités soient maintenues par un dispositif quelconque, puis le joint est ensuite *flashed*, c'est-à-dire soudé par le dépôt de charbon.

Comme tout dépôt ultérieur de charbon sur le filament même modifierait le type obtenu par le procédé de carbonisation, il ne faut pas permettre au courant de le traverser. On y arrive en établissant un court circuit qui fait passer le courant par le joint seulement.

Cette opération peut également se faire dans un vase contenant un carbure d'hydrogène liquide.

Au point de vue pratique, les phénomènes chimiques sont les mêmes dans les deux cas et donnent un joint parfaitement homogène, d'une plus grande section que les autres parties du conducteur et dont la solidité et la conductibilité, par conséquent, sont suffisantes pour prévenir tout risque d'accident, à la suite d'une élévation anormale de la température ou d'un usage peu soigneux.

(*A suivre*)

Recherches sur l'étincelle électrique dans les liquides, par C. A. Mebius (1).

On sait qu'Edlund a étudié les courants qui se produisent par suite des décharges statiques entre les deux conducteurs d'une machine de Holtz (2). Voici la disposition expérimentale qu'il a employée. a_1 et b_1 (fig. 1) sont les deux collecteurs de la machine de Holtz, g un galvanomètre shunté et $k\,h$ une seconde dérivation interrompue

(1) *Mémoires de l'Académie Suédoise*, numéro 116, 1885.
(2) Voir *La Lumière Électrique*, vol. XII, 1886, p. 275

en *c d*. Edlund a trouvé que la déviation du galvanomètre augmente, lorsque les boules *c d* sont suffisamment rapprochées pour que les étincelles puissent se produire entre elles ; il admet que cette augmentation provient d'une force contre électromotrice qui prend naissance entre ces électrodes.

M. Mebius a étudié le cas où l'étincelle en *c d* se forme dans un liquide, et il a trouvé que les déviations du galvanomètre sont très grandes. Cette déviation étant, par exemple, 10 lorsqu'il n'y a pas de décharge en *c d*, elle devient 20 lorsque les étincelles en *c d* se forment dans l'air et

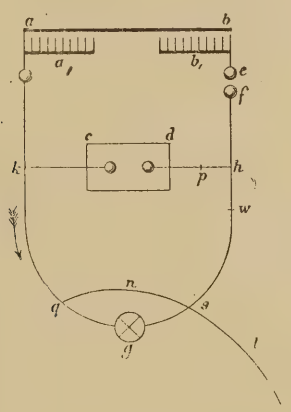


Fig. 1

281 pour la décharge à travers une couche d'eau. Ces déviations ne peuvent pas provenir de l'extracourant dans le galvanomètre, car le shunt *n* en empêche la formation. On obtient, en outre, des déviations plus faibles, en intercalant une bobine d'induction dans *k h*, ou dans *k g h*. L'étincelle se comporte donc dans le liquide de la même manière que dans l'air.

Quelques physiciens, Billberg, entre autres, ont admis que l'augmentation des déviations galvanométriques provient de décharges oscillatoires. M. Mebius rejette cette hypothèse, et par conséquent celle d'après laquelle le liquide se comporte comme un conducteur ordinaire. Il croit, en outre, pouvoir tirer de ses mesures la conclusion que la production d'étincelles dans le liquide est reliée à celle d'une force électromotrice analogue à celle qui se produit dans un gaz, mais qui ne peut pas être confondue avec celle de la polarisation ordinaire.

A. P.

Détermination du coefficient de self-induction de quelques téléphones, par MM. S. Rasmussen et Dorn.

La théorie de la transmission du son par le téléphone a été donnée en premier lieu, croyons nous, par MM. Helmholz (1) et H. F. Weber (2), qui ne se sont du reste occupés que des phénomènes électromagnétiques.

Supposons deux téléphones réunis en circuit, et soit M le potentiel électromagnétique des aimants (supposés permanents dans ce cas) du transmetteur, par rapport à sa bobine, *r* la résistance, et L la self-induction, y compris la réaction des noyaux de fer doux sous l'action des courants induits.

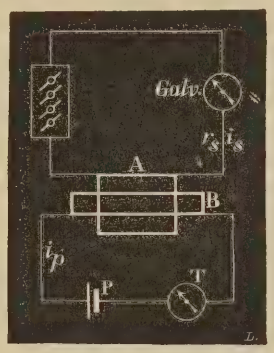


Fig. 1

Dans le cas où M peut être représenté par une vibration harmonique simple :

$$M = A \sin 2 \pi n t$$

L'intensité du courant induit sera :

$$i = \frac{A \sin (2 \pi n t + \varphi)}{L \sqrt{1 + \frac{r^2}{4 \pi^2 n^2 L^2}}}$$

Sans nous attacher aux conséquences de cette formule, il suffira de remarquer que le coefficient de self-induction des appareils y joue un grand rôle ; malgré cela, il ne semble pas qu'on eût entrepris de recherches expérimentales à ce sujet ; c'est la lacune que M. le professeur Dorn de Christiania a voulu combler, en engageant un de ses élèves, M. S. Rasmussen, à faire quelques mesures à ce sujet, et nous en résumons les résultats d'après l'*Elektrotechnische Zeitschrift*(3).

(1) *Annales de Wiedemann*, vol. 5, p. 448, 1878.
(2) *Zuricher Vierteljahrschrift*, 1878.
(3) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1887, n° 2, p. 61.

La méthode consiste à mesurer le coefficient d'induction mutuelle de deux bobines, et d'y comparer ensuite, au moyen d'un galvanomètre différentiel, la self-induction de divers téléphones.

Mesure du coefficient d'induction mutuelle. — L'auteur mesure au galvanomètre balistique, la variation totale du flux d'induction produite par l'établissement ou la rupture d'un courant primaire d'intensité déterminée.

La figure 1 représente la disposition de l'expérience.

A et B sont les deux bobines considérées, T, une boussole des tangentes, et G un galvanomètre balistique.

Le courant primaire i_p étant interrompu, le courant intégral induit Q sera :

$$Q = \frac{M\, i_p}{r_s}$$

r_s étant la résistance du circuit secondaire et M le coefficient d'induction mutuelle de A et de B.

Connaissant la période d'oscillation du galvanomètre, son décrément logarithmique, sa constante et le rapport d'amortissement, il est facile de déduire la quantité Q d'électricité de la première déviation observée.

Par conséquent, on déduira M en fonction des constantes du galvanomètre, de la résistance du circuit et de l'intensité du courant primaire.

Pour les bobines en question, on avait :

$$M = 1{,}837 \times 10^6 \text{ c. m.}$$

Mesure du coefficient de self-induction. — Le coefficient de self induction a été mesuré comme nous l'avons dit, au galvanomètre différentiel, et par comparaison avec le cœfficient d'induction mutuelle déjà obtenu.

Le galvanomètre construit d'après les indications de F. Kohlrausch, comprenait deux bobines de 3285 tours chacune ; les résistances étaient équilibrées, de sorte que l'écart n'était que de 1/3000 ; au point de vue dynamique, l'action d'un courant traversant les deux bobines en sens inverse ne produit qu'une action égale seulement à 1/3400 de l'action d'une des deux moitiés.

Des essais préliminaires ont montré que la proportionalité des impulsions aux décharges s'étendaient bien au delà des déviations employées.

Suivant les téléphones, deux méthodes différentes ont été employées.

A. Téléphone Siemens et Halske (construction nouvelle) 1690 tours de fils.

La disposition de l'expérience est indiquée par la fig. 2.

La clef étant fermée, il suffit d'équilibrer la résistance du téléphone au moyen d'une résistance

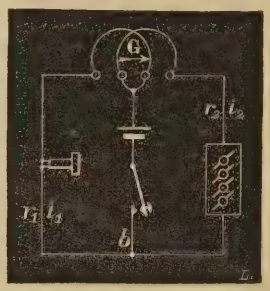


Fig. 2

r_2 (égale d'une manière très approchée à r_1), pour que le galvanomètre soit ramené au zéro ; en ouvrant la clef on obtient alors une décharge dont l'action sur l'aiguille s'ajoute dans les deux bobines. L'extra-courant que l'on mesure ainsi ne provient que des bobines du téléphone, l'action des deux moitiés du galvanomètre se détruit.

Soit i_1, le courant qui circulait dans le téléphone, on aura :

$$Q = C'\,\alpha_1 = \frac{L\, i_1}{\Sigma\, r}$$

i_1, est lui-même déterminé par la force électromotrice de l'élément de pile et les résistances.

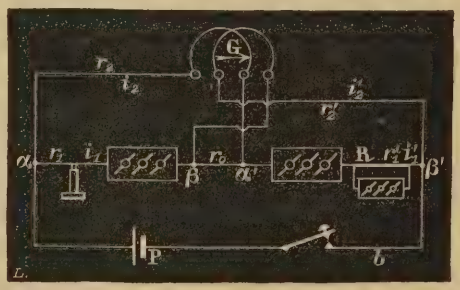


Fig. 3

Pour éliminer cette force électromotrice et pour réduire la constante C′ en valeur absolue, on forme un circuit primaire avec la même pile et une bobine de l'appareil d'induction déjà étudié, le circuit secondaire comprenant les deux bobines du galvanomètre, en série, et la seconde bobine

de l'inducteur ; on obtient alors une relation de la forme :

$$C' \alpha_2 = M \frac{E_1}{rR}$$

E_1 étant la force électromotrice de l'élément et r, R les résistances des deux circuits ; on peut alors éliminer le rapport $\frac{C'}{E_1}$, et obtenir L, en fonction de M et des rapports des résistances et des déviations.

En remarquant que la résistance b (fig. 2) est très faible, et qu'on a, en outre, $r_1 = r_2$, et on arrive à la relation :

$$L = M \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{r_2}{r}$$

r_2 s'obtient en ajoutant la résistance du rhéostat à celle d'une des bobines du galvanomètre.

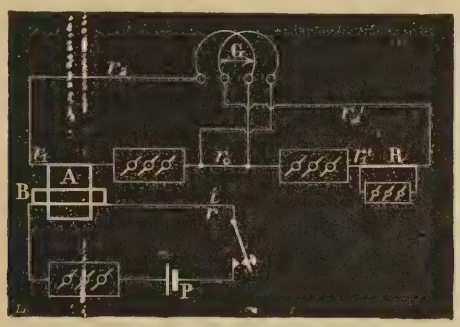


Fig. 4

Comme on le voit, il faut, pour que la méthode soit exacte, que la force électromotrice de l'élément n'ait pas varié entre les deux mesures ; l'auteur admet que cette condition est réalisée avec un Daniell.

On a obtenu ainsi pour le rapport $\frac{L}{M}$, le nombre 147,3, ce qui donne pour L la valeur :

$$L = 2{,}706 \times 10^8 \text{ c. m.}$$

La différence relative des diverses mesures d'avec la moyenne est, au plus de 0,0027.

Pour d'autres téléphones, la première disposition n'est plus applicable à cause du manque de sensibilité ; on a disposé alors les bobines du galvanomètre en dérivation sur le téléphone et une résistance égale, comme l'indique la figure 3 ; l'équilibre exact s'effectue au moyen d'un ohm, shunté par un rhéostat à fiche.

Quand le galvanomètre est ramené au zéro, le courant dans le téléphone, a une valeur déterminée, et au moment de l'ouverture de la clef, l'extra-courant développé par la bobine du téléphone se partage entre les deux bobines du galvanomètre, suivant une certaine fonction des résistances ; en remplaçant alors le téléphone par la bobine secondaire de l'inducteur (fig. 4), le courant d'induction se partage de la même manière que l'extra-courant, en sorte qu'on peut éliminer cette fonction des résistances et la force électromotrice de la pile, et on obtient finalement, une expression pour le rapport de $\frac{L}{M}$ en fonction des déviations et des résistances.

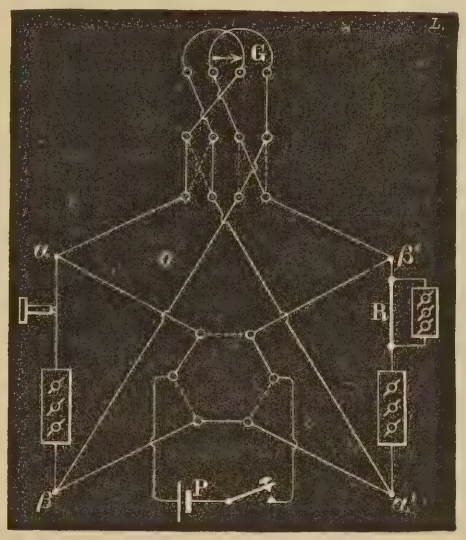


Fig. 5

En réalité, la disposition de l'expérience était un peu plus compliquée, elle est représentée par la figure 5, le commutateur central permet de renverser les connexions des bobines du galvanomètre et le sens du courant dans le téléphone, le commutateur supérieur permet également de faire l'un de ces renversements ; on doit s'attendre que le sens du courant dans le téléphone influe sur l'extra-courant à cause de l'aimantation permanente.

On trouve en effet une différence de 1 o/o pour les divers téléphones et de 4 o/o avec un téléphone de Siemens et Halske pour lequel l'intensité du courant était beaucoup plus forte que pour les autres.

Le tableau suivant réuni les résultats obtenus avec un certain nombre de téléphones ; ceux qui sont indiqués Darmstadt sont de provenance

inconnue, ils appartiennent au laboratoire de l'Institut de physique de cette ville.

Téléphones	Nombre de spires	Résistance	Coefficient L	Rapport L : R
		U. S.	c. m.	secondes
Siemens et Halske nouveau type	1690	195,0	$2,706 \times 10^8$	0,001471
Darmstadt 671, I....	—	40,92	$4,824 \times 10^7$	0,001250
Darmstadt 671, II...	—	29,6	$3,110 \times 10^7$	0,001134
Siemens et Halske vieux type, I.....	—	46,87	$2,381 \times 10^7$	0,000539
vieux type, II.....	—	13,86	$5,289 \times 10^6$	0,000405
Hartmann et Braun.	1805	196,8	$2,085 \times 10^8$	0,001123
Idem.	1800	191.8	$2,463 \times 10^8$	0,001361
Ericcson (154).....	—	145,1	$7,422 \times 10^7$	0,000542
Ericcson (130)	—	121,6	$6,530 \times 10^7$	0,000569

Comme on le sait, le rapport $\frac{L}{R}$ se présente quand on étudie la période variable du courant. On peut tirer de ces nombres quelques conséquences relatives à la transmission des sons. Si on suppose que l'amplitude du mouvement du diaphragme du récepteur est proportionnelle au courant; en négligeant, par conséquent, l'influence du ton propre de ce diaphragme, l'amplitude des cordes sonores serait proportionnelle à :

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{r^2}{4\ \pi^2\ n^2\ L^2}}}$$

et, par suite, l'énergie cinétique des ondes et la force des sons transmis serait proportionnelle au carré de cette expression.

Pour les tons élevés, correspondant aux grandes valeurs de n, le dénominateur se rapproche de l'unité; les sons élevés seraient donc mieux transmis.

L'auteur a calculé les valeurs relatives de l'amplitude et de l'énergie cinétique, en supposant qu'on a simplement deux téléphones semblables, reliés directement, et cela pour diverses hauteurs de son.

n	Téléphone Siemens		Téléph. Hartmann		Téléphone Ericcson	
	amplitude	force	amplitude	force	amplitude	force
66	0,52	0,27	0,46	0,21	0,22	0,05
132	0,77	0,60	0,72	0,51	0,42	0,18
164	0,93	0,86	0,90	0,81	0,68	0,46
528	0,98	0,96	0,97	0,94	0,88	0,77
1056	1.00	0,99	0,99	0,99	0,97	0,93

D'après ces chiffres, il semble que, dans les deux premiers téléphones, on aurait déjà une altération de l'intensité relative des harmoniques, et par suite, du timbre ; avec le téléphone Ericcson, l'altération serait considérable.

Expérimentalement, l'auteur a, en effet, trouvé que le téléphone Ericcson transmettait faiblement le son d'un diapason correspondant à $n = 264$ vibrations, tandis qu'avec 528 vibrations la transmission était beaucoup meilleure. Avec le téléphone de Hartmann, on obtient les mêmes résultats.

Il convient de remarquer que les formules précédentes, et les résultats obtenus par l'auteur, ne s'appliquent plus du tout à la transmission par longues lignes ou par câbles, dans laquelle la capacité électrostatique joue le rôle prépondérant; enfin, pour les tons très élevés, et cela spécialement dans le cas des lignes en fil de fer, le problème se complique encore de la variation de la résistance et de la self-induction.

E. M.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

Nouveau dispositif pour téléphones. — M. A. Askenasy, à Francfort-sur-Mein, a imaginé un dispositif à l'aide duquel toutes les opérations nécessaires pour se mettre en communication avec un poste téléphonique se font sans

aucune intervention des mains. On peut obtenir ce résultat de deux manières :

1° En approchant la tête du téléphone de réception, la personne qui parle exerce une légère

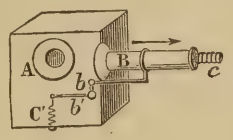


Fig. 1

pression au moyen de l'oreille, et établit les contacts voulus ;

2° L'opérateur presse avec le pied sur une pédale mobile, qui est en communication avec le levier commutateur.

La première méthode est représentée par la figure 1. — A est le transmetteur, B le téléphone récepteur, C est un ressort qui pousse en avant le téléphone de réception, qui est fixé de côté

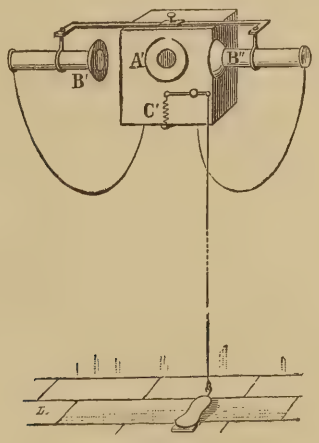


Fig. 2

d'une manière quelconque et qui est mobile parallèlement à l'axe longitudinal.

Lorsque l'opérateur écoute dans le téléphone, B ne subit qu'un faible déplacement dans la direction de la flèche, ce qui suffit pour introduire le téléphone dans la ligne, par l'intermédiaire des leviers bb_1. Quand la pression latérale cesse, les ressorts CC_1 ramènent les contacts dans la position originale et réintroduisent la sonnerie dans la ligne.

La figure 2 représente le second dispositif pour le même but.

Le téléphone récepteur B (ou deux téléphones B′ et B″) est attaché d'une manière quelconque à la boîte du transmetteur. Après l'appel, l'opérateur n'a qu'à presser le pied sur la pédale F pour intercaler les appareils dans la ligne pendant la durée de la pression. En lâchant la pédale, la sonnerie est de nouveau intercalée automatiquement.

L'avantage de ce dispositif, qui peut, d'ailleurs, être ajouté, sans beaucoup de peine à toutes sortes de postes téléphoniques, consiste en ce que les mains de l'opérateur restent libres pour écrire pendant qu'il écoute, et aussi en ce qu'on ne court plus le risque d'oublier de réintercaler la sonnerie après qu'on s'est servi du téléphone.

M. Askenasy a pris un brevet allemand pour son dispositif.

Le service téléphonique a Berlin. — Dans ces derniers temps, on a beaucoup fait usage des câbles dans le service téléphonique de Berlin, ce qui a eu pour conséquence de faire remplacer les téléphones transmetteurs des abonnés par des microphones, dans la plupart des cas, ce qui rend la conversation beaucoup plus distincte.

D'après les données officielles, il paraît qu'il n'y a aucune ville où les abonnés fassent un usage aussi étendu du téléphone qu'à Berlin. A Paris, à Londres, à New-York par exemple, chaque poste téléphonique sert 5 et 8 fois par jour en moyenne, tandis qu'à Berlin il faut établir journellement, en moyenne, 22 communications pour chaque poste.

Pour quelques-uns des postes, le nombre des communications établies monte à plus de cent.

Le nombre des abonnés du téléphone à Berlin est à présent de plus de six mille, et le prix d'abonnement se monte à 150 mark (187 fr. 50) par an. Ce n'est qu'en Suisse et en Suède, que l'abonnement téléphonique est meilleur marché.

Le nombre des villes qui sont en communication téléphonique avec Berlin va en croissant; pour le moment, c'est Hambourg qui va être relié avec la capitale. L'administration des Postes et Télégraphes a fixé les conditions de l'abonnement pour cette nouvelle ligne. Elle propose de faire payer 20 mark (25 francs) par an, pour un appareil spécial permettant de communiquer avec Hambourg, en se réservant une taxe non encore

fixée, mais comprise entre 1 et 2 mark pour chaque emploi de la ligne pendant une durée de cinq minutes.

Quant à l'emploi du téléphone pour les annonces d'incendie, je trouve dans les *Archives des Postes et Télégraphes* ce qui suit :

Il est vrai qu'il existe (à Berlin) un certain nombre de télégraphes pour signaler les incendies, ainsi que des avertisseurs dans la plupart des bâtiments publics, des fabriques, etc. — Mais le nombre de ces appareils est extrêmement petit vis-à-vis du nombre des téléphones ; en outre, ces derniers sont généralement placés plus à la portée, et les abonnés ayant l'habitude de s'en servir chaque jour, sont plus accoutumés à leur maniement.

Partant de ces faits, l'administration des Postes et Télégraphes désire vivement effectuer la jonction de tous les avertisseurs d'incendie avec les réseaux téléphoniques municipaux, et elle a fait à cet objet, dans plusieurs villes, des expériences qui ont donné des résultats très satisfaisants.

Le projet sera donc réalisé très prochainement.

L'emploi des communications avec les postes des pompiers et les bureaux de police sera gratuit, et ne se bornera nullement aux cas d'incendie ; au contraire, les abonnés auront le droit d'appeler la police par téléphone dans des cas urgents.

Un nouveau batteur de mesure électrique pour chef d'orchestre. — Lors de la dernière grande retraite qui eut lieu à la fin des dernières manœuvres d'automne de l'armée allemandes, l'intérêt de la foule se portait surtout sur le chef d'orchestre, qui conduisait ses 1200 instrumentistes au moyen d'un bâton lumineux.

Ce bâton consistait en un tuyau de verre, relié par un fil intérieur avec un accumulateur, placé au dessous du pupitre du chef d'orchestre. — Une pression sur un bouton établissait le circuit, et portait le fil à incandescence.

Le bâton lumineux peut être vu distinctement de loin, ou dans l'obscurité ; le chef d'orchestre peut ainsi diriger un orchestre militaire, le soir et en plein air. Dr. H. Michaelis

Angleterre

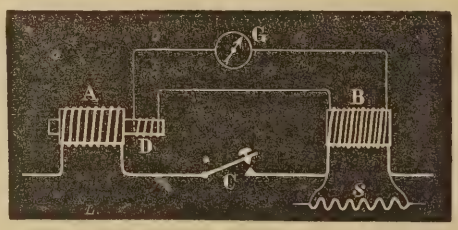
Essais relatifs au flux d'induction dans les machines dynamos. — M. James Swinburne a indiqué la méthode suivante pour déterminer l'induction à travers une partie quelconque d'une dynamo et pour l'essai des échantillons de fer.

On établit un circuit primaire formé de l'électro considéré A, de l'une des deux bobines B, et d'une clef d'interruption C. Un circuit secondaire est établi avec une bobine D enroulée sur l'électro ; la deuxième bobine B et un galvanomètre balistique, formé d'un équipage astatique ; un shunt à contact mobile S est disposé comme l'indique la figure.

Si les écarts de l'aiguille sont trop grands, ou plutôt si elle est trop sensible, on la charge au moyen de deux petits bras.

Les bobines d'induction sont tarées en les comparant avec une paire de bobines-étalons, construites de manière à ce qu'on puisse calculer facilement leur induction mutuelle, ou bien en mesurant l'induction à travers la section neutre de l'armature d'une dynamo, qu'on fait ensuite marcher avec la même force d'aimantation.

Comme on le voit, on contrebalance l'action provenant de l'induction de la bobine secondaire



de l'électro, par l'effet contraire produit par une fraction variable et connue du courant primaire qui passe dans l'un des fils de la bobine à double enroulement dont l'induction mutuelle est connue. L'autre fil de la bobine est relié en série avec la bobine secondaire et le galvanomètre [1].

Les piles régénérables pour l'éclairage électrique. — Dans une communication récente à la *Society of Telegraph Engineers and Electricians* M. Desmond Fitzgerald a donné quelques détails sur le nouvel accumulateur ou pile régénérable dans laquelle il fait entrer ce composé particulier, la *lithanode*, dont nous avons déjà parlé.

Il a montré que, comme on élimine les actions locales dans la partie négative d'un élément, la

[1] Cette méthode de zéro n'élimine que la lecture du galvanomètre balistique, mais les objections qu'on peut faire à l'emploi des galvanomètres balistiques ordinaires, dans le cas où il s'agit de bobines à gros noyaux de fer subsistent. *N. D. L. R.*

quantité totale d'électricité fournie par la pile ou le nombre d'ampères-heures est rigoureusement proportionnel à la quantité de peroxyde réduit dans chaque élément; en outre, on pourrait obtenir, d'après M. Fitzgerald, une capacité de 35 ampères-heures par kilogramme de l'élément négatif en employant la lithanode. Il estime même qu'on pourrait faire beaucoup mieux encore.

M. Fitzgerald a exposé un système pour fournir la lumière électrique dans les appartements, sans avoir recours à des conducteurs reliés à l'usine centrale, et cela au moyen d'accumulateurs installés dans la maison. Les plaques de ces éléments seraient fournies toutes chargées par l'usine centrale. On transporterait les plaques positives humides dans une boîte fermée, tandis que les plaques négatives seraient sèches. Il faudrait aussi de l'acide sulfurique dont la quantité par cheval électrique serait, d'après la théorie admise, de 1,6 kilogramme de H_2SO_4 pur.

M. Fitzgerald croit cependant que, dans la pratique, il suffisait d'environ 1 kilogramme de l'acide le plus concentré.

On pourrait ajouter une certaine quantité déterminée à chaque élément, en remplaçant les piles épuisées par d'autres.

Dans l'état actuel des choses, il serait nécessaire de transporter environ 18 kilogrammes de plaques par cheval électrique, représentant trois lampes à incandescence de 20 bougies brûlant pendant cinq heures. Le poids total à transporter serait inférieur à 20 kilogrammes. La distance maxima à laquelle on pourrait transporter ce poids, ne devrait pas dépasser 800 mètres, car il serait alors plus économique de multiplier les stations de charge que d'augmenter la distance.

Il faut compter également qu'au retour, les plaques épuisées et leurs boîtes auront pratiquement le même poids que les autres.

La distribution d'une tonne de plaques correspondrait à 56 chevaux électriques au moins.

Quant aux frais de l'exploitation, M. Fitzgerald estime que, si d'un côté peu de personnes seraient disposées à payer 1,25 fr. par cheval électrique, de l'autre le grand public payerait volontiers 45 centimes pour la même quantité d'énergie disponible ; en sorte qu'il faudrait fixer le prix entre ces deux extrêmes.

Cette question de frais ne peut, du reste, être tranchée que par une application pratique du système.

J. Munro

Autriche

L'Autriche-Hongrie est un des pays les plus en retard en ce qui concerne les accumulateurs; mais l'exemple de l'Angleterre et de l'Allemagne commence cependant à produire son effet sur nos techniciens, dont beaucoup s'occupent maintenant à expérimenter et à étudier ces appareils, auxquels on peut toujours reprocher d'être très coûteux.

M. l'ingénieur Koller a dernièrement fait une conférence à la Société Électrotechnique, sur les accumulateurs de MM. Schenek et Farbaky, sans cependant ajouter quelque chose de nouveau aux détails que je vous ai transmis à ce sujet, au mois de juin dernier; il est cependant revenu sur les résultats des recherches de M. le professeur Waltenhofen, qui ont déjà été publiés ailleurs, mais qui, je crois, n'ont pas encore paru dans *La Lumière Électrique*.

D'après ces expériences, les accumulateurs ont donné un rendement de 91 o/o des coulombs de charge, quand on opère la décharge complète; mais alors la différence de potentiel aux bornes tombe de manière à ne plus pouvoir maintenir les appareils en fonction; en tenant compte de cette baisse, il ne faudrait pas compter sur un rendement supérieur aux 76 o/o de l'énergie fournie. Les accumulateurs qui étaient exposés dans le local de la Société, où ils alimentaient 40 lampes de 12 volts, avaient très bonne mine, mais on n'a encore aucune donnée sur leur durée ou leur prix.

L'Institut de M. le professeur Stricker, dont nous avons mentionné le microscope éclairé à la lumière électrique, possède dans la personne d'un de ses assistants, M. le Dr Gaertner, un jeune savant distingué, qui a introduit plusieurs modifications heureuses dans les instruments de mesures destinés aux médecins.

Depuis que ceux-ci se servent, dans l'électrothérapeutique, des phénomènes électriques, ou de courants et de décharges bien définis, ils ne peuvent plus se contenter d'un à peu près pour la détermination des résistances; l'on demande de bons appareils de ce genre et qui, en outre,

doivent absolument être transportables pour les besoins du médecin.

Le Dr Gaertner, en collaboration avec le fabricant d'instruments, M. Leiter, de Vienne, a fait breveter un rhéostat à résistances de graphite, que nous allons décrire.

Les figures 1, 2 et 3 représentent l'appareil en

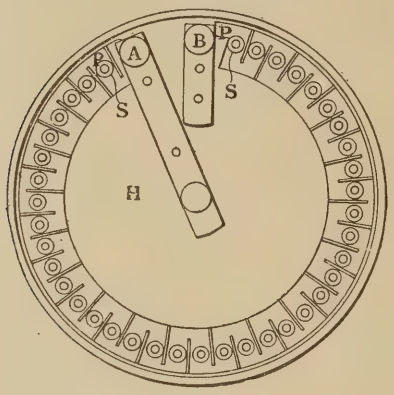


Fig. 1

coupe, en plan et en section transversale. Le bord de la plaque H, en caoutchouc durci, est pourvu d'une rainure circulaire qui contient une bande

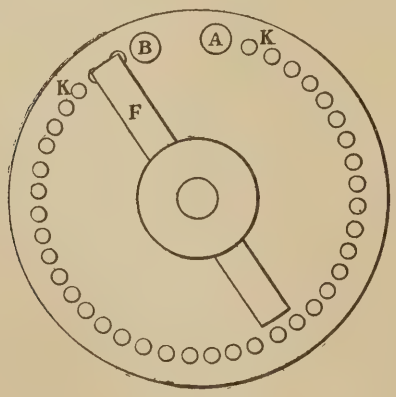


Fig. 2

de parchemin P enduite de graphite, et contournée, afin d'offrir une grande surface, même dans un petit appareil.

Cette bande est pressée contre la plaque H au moyen de vis en métal, de sorte que les écrous S établissent un bon contact entre la vis et la bande P; en outre, les têtes de vis K dépassent le bord de la rainure. Un frotteur F peut être déplacé, au moyen de la manivelle D, au-dessus des têtes de vis K, et établit toujours un bon contact entre la plaque H et deux boutons successifs.

La bande de parchemin P ainsi que les écrous qui la fixent, sont recouverts d'asphalte pour les protéger contre l'air et l'humidité.

La vis de serrage est en communication métallique avec le frotteur F, et la borne B avec la première tête de vis; en faisant tourner la manivelle D, on peut donc intercaler des segments plus ou moins longs de la bande graphitée, de sorte qu'on peut donner au courant l'intensité voulue, en le faisant diminuer progressivement sans interruption.

Un rhéostat d'un diamètre de 10 centimètres a une résistance totale d'environ 200,000 ohms.

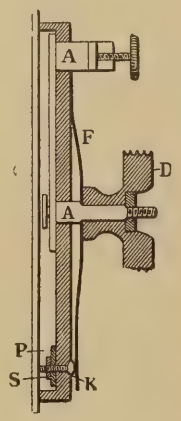


Fig. 3

En intercalant une source de courants de 40 volts, on peut augmenter l'intensité depuis 0,2 ampère jusqu'à la limite correspondant à la résistance du corps humain, et cela en passant par 40 degrés différents.

Le rhéostat peut également servir à graduer des courants d'induction.

Le port de Trieste, où la maison Egger et Cie va installer 48 foyers à arc, sera prochainement agrandi, et les nouvelles parties seront éclairées à la lumière électrique.

Les lampes sont réparties sur cinq circuits dont chacun est alimenté par une dynamo spéciale, tandis qu'une sixième sert de réserve. Deux commutateurs, un pour les pôles positifs et l'autre pour les pôles négatifs, permettent d'établir tous

les changements possibles entre les circuits et les machines disponibles.

La régulation se fait au moyen des résistances intercalées dans le circuit des électro-aimants, ou même par un calage variable des balais.

A cet effet, le porte-balais est pourvu d'une aiguille qui se déplace sur un arc gradué et permet ainsi à l'employé de régler les balais *exactement* selon le nombre des lampes.

Les résistances sont disposées dans une boîte spéciale et chaque circuit a son ampèremètre du système Drexler, qui a déjà été décrit dans *La Lumière Electrique.*

Si l'intensité devient trop grande, le surveillant en est averti par une sonnerie.

Un indicateur, comme on en a pour les sonneries domestiques, indique la machine dont les balais doivent être réglés, tandis que la sonneri est la même pour toutes les dynamos.

J. Kareis

États-Unis

La station d'éclairage électrique Brush, a Philadelphie. — Une des plus grandes stations d'éclairage à arc des États-Unis est, sans contredit, la station de Brush, à Philadelphie; elle est, par son organisation et par son administration, tout à fait en rapport avec la richesse bien connue des habitants de cette cité des Quakers.

Pour donner une description de cette station, il convient de diviser le sujet en deux parties : la force motrice et la chambre des dynamos, et, commençant par la première, nous examinerons tout d'abord la source première de la force, c'est-à-dire la chaudière.

Le local où se trouvent les chaudières est situé au rez-de-chaussée; il a 20,45 m. de largeur sur 25,25 m. de longueur. C'est le local de ce genre le mieux aménagé de la ville; il est bien ventilé, parfaitement éclairé et aéré.

Cette chambre renferme seize chaudières, dont douze sont du type tubulaire simple. Les conduites de vapeur se rattachent directement aux chaudières par un tube de 20 centimètres; elles alimentent deux machines Corliss, huit Porter-Allen, une Southwark et une machine verticale d'atelier. Ces machines ont été construites par Robert Wetherill et Brother, de Chester (Pensylvanie).

Les quatre autres chaudières sont du type Babcock et Wilcox, et elles peuvent fournir une force de 75 chevaux chacune. Elles sont indépendantes et servent de chaudières de réserve.

Les chaudières sont soumises à une pression de 7,7 kilogr. par centimètre carré, lorsqu'elles marchent à la charge de l'après-midi et de la nuit, et les machines sont toutes à haute pression, sans condensation. Deux pompes de 15 centimètres sur 15 servent à alimenter les chaudières, et une pompe à vapeur duplex, de Worthington, est en réserve. Les pompes sont contrôlées, dans la chambre même des chaudières, par les chauffeurs, qui n'ont ainsi jamais l'occasion d'abandonner leur poste. La chambre peut recevoir six chaudières tubulaires de plus, de sorte que la station est préparée pour un développement, qui du reste, s'accuse tous les jours.

Les machines destinées à faire fonctionner les dynamos sont au nombre de onze. Nous mentionnerons en premier lieu deux machines du type Corliss, construites par R. Wetherill en 1882, et qui, depuis lors, ont fonctionné jour et nuit, sans interruption. Les frais de réparation ont été très minimes. Ces machines ont des cylindres de 0,575 m. × 1,20 m.; elles marchent à raison de 75 tours par minute, avec une vitesse de piston de 3 mètres par seconde, approchant ainsi de très près de la marche d'une machine à grande vitesse. Les manivelles sont calées sur l'arbre, à angle droit l'une sur l'autre. Le volant-poulie de commande a 6,10 m. de diamètre et 0,95 m. de largeur de jante, il pèse 17 tonnes.

La courroie principale a 0,95 m. de largeur et 38 mètres de longueur; elle est formée de trois épaisseurs de cuir. Ces deux machines actionnent dix machines dynamos à arc de 60 lampes, deux de 30 et une de 20.

Immédiatement après viennent huit machines Porter-Allen et une Southwark, construites par la *Southwark Foundry and Machine C°*, de Philadelphie. Les machines Porter-Allen ont des cylindres de 20 × 40 centimètres, marchant à 300 tours par minute, avec une vitesse de piston de 4 mètres. Chaque machine a une poulie de commande de 1,40 m. de diamètre et de 30 centimètres de largeur de jante. Elles commandent chacune directement une dynamo de 60 lampes au moyen d'une courroie de 30 centimètres de largeur et de 11,30 m. de longueur. Le moteur

Southwark commande une machine à incandescence de 75 lampes.

L'arbre de couche commandé par la machine Corliss a 15 centimètres de diamètre et une longueur de 20,75 m.; l'arbre intermédiaire a 17,70 m. de long; tous deux font 300 tours par minute. Le diamètre de l'arbre de couche a été calculé de façon à ce qu'on puisse pouvoir accoupler une autre paire de Corliss à son extrémité, lorsque cela serait nécessaire, comme c'est aujourd'hui le cas. Il est monté sur une fondation en briques, au niveau du plancher; les paliers sont fixés sur des plaques boulonnées sur les fondations, et les colonnes qui supportent le plancher du second

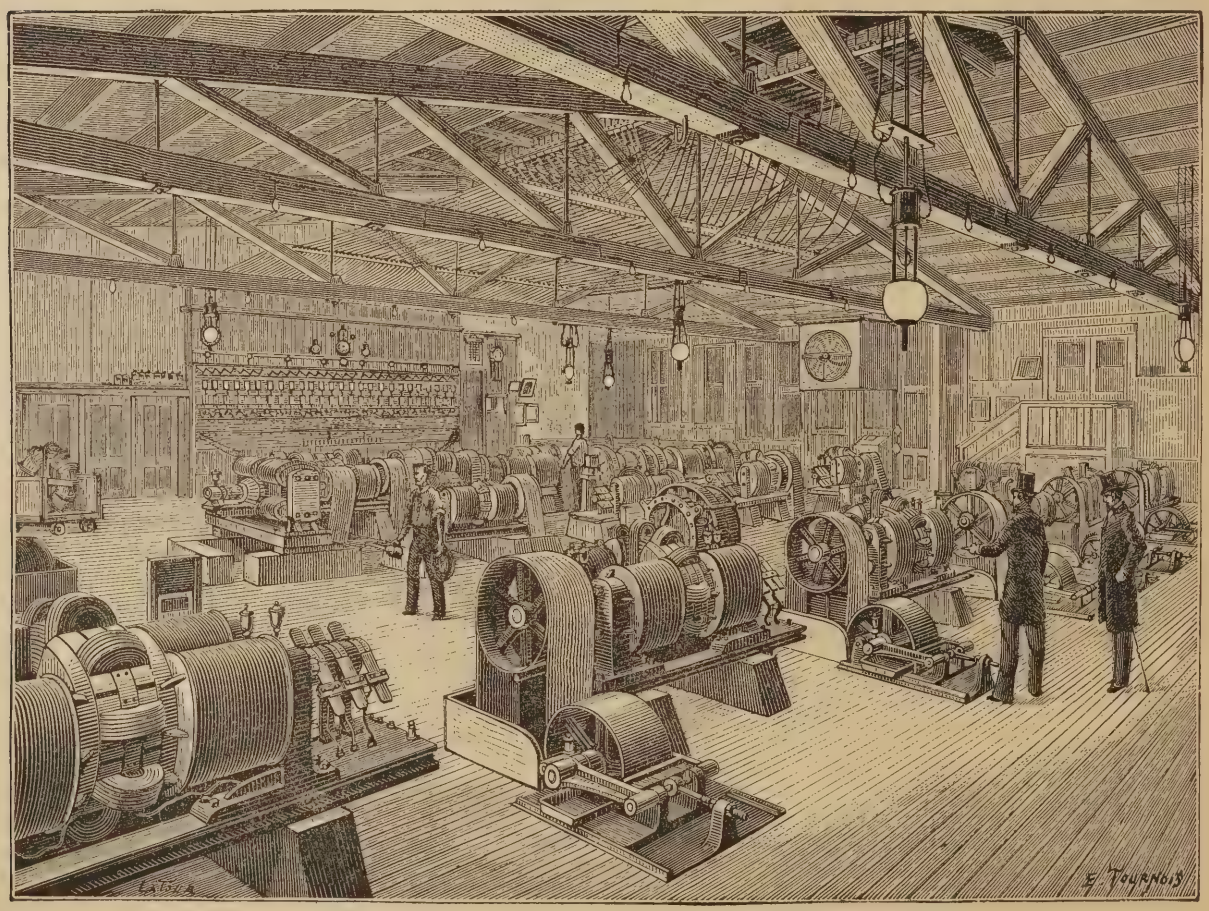


Fig. 1.

étage reposent à chaque extrémité des plaques.

L'huile nécessaire pour le graissage des arbres, y arrive par son propre poids, par des tuyaux communiquant avec les coussinets. Cette huile a servi, sans discontinuer, pendant 4 ans et 5 mois et elle est encore aussi pure que le premier jour.

La chambre des dynamos, située immédiatement au-dessus de celle des machines, est représentée figure 1. Elle mesure 19,50 m. × 20,45 m., et contient seize machines à arc de 60, et deux de 30 lampes, et une machine à incandescence de 75 lampes. Toutes les dynamos sont pourvues d'indicateurs qui sont sous le contrôle du machiniste, lorsqu'on les introduit dans les circuits.

Le tableau des communications est placé à une extrémité de la chambre, à 1,20 m. du mur; il est pourvu de clefs ou de fiches à ressort, pour 40 circuits. Ces clefs ont été employées pour la première fois en novembre 1881 par la compagnie; plusieurs d'entr'elles, sont en usage encore aujour-

d'hui. D'autres compagnies en ont adopté de semblables.

Un ampèremètre à ressort est adapté à chaque dynamo, et chaque circuit est pourvu d'un indicateur de courant. Ces indicateurs sont placés sur le tableau des communications où ils sont exposés aux regards et peuvent être consultés de toutes les parties de la chambre. Ils rendent les meilleurs services, et M. D. Law, le savant et infatigable électricien chargé de la direction de la station, estime que toute station doit, pour être complète, être pourvue de ces instruments.

A une extrémité du tableau de distribution se trouve un avertisseur; dès qu'un circuit est supprimé, on le relie à la terre par l'une de ses extrémités. Une pile de Partz est employée à cet effet, attendu qu'il y a trop de pertes par les temps pluvieux, pour que l'on puisse se servir d'une pile Leclanché. Essayées aussitôt après avoir été séparées des machines, les lignes sont vérifiées de nouveau à midi et quart, et une heure avant de commencer l'éclairage. Un essai de résistance est également fait le matin et il en est tenu registre.

Du tableau des communications, toutes les lignes s'élèvent vers une coupole de 4,75 m. × 9,90 m., pourvue de fenêtres sur toute sa longueur, afin d'assurer la ventilation qui peut être réglée au moyen de cordes attachées aux fenêtres, et qui descendent jusque derrière le tableau des commutateurs.

Actuellement, 776 lampes à arc sont entretenues par cette station; 607 d'entr'elles servent à des maisons de commerce, et les 169 autres sont destinées à l'éclairage des rues de la ville. De plus, 192 lampes à incandescence de 90 volts sont montées sur les circuits à arc, avec des régulateurs de Brush, et 48 autres avec des coupe-circuits de Little Mac Donald. En outre, 160 moteurs Stockwell et 16 moteurs Edgerton sont alimentés par le courant de la station.

Il y a plus de 1600 kilomètres de fils sur poteaux et toutes les lampes à l'intérieur des bâtiments, ainsi que les branchements des lignes principales, sont contrôlés par des coupe-circuits de Law.

J. Wetzler

VARIÉTÉS

La Bibliothèque scientifique du Ministère des Postes et Télégraphes.

S'il est une chose indispensable à toute personne qui s'occupe sérieusement de science, c'est certes une bonne bibliothèque. C'est, en effet, le seul moyen de se tenir constamment au courant de ce qui se fait et se publie tant en France qu'à l'étranger.

D'ailleurs, tous ceux qui travaillent avec le désir de faire progresser la science seront de cet avis, qu'il est de toute nécessité de savoir ce que font les autres, pour pouvoir faire quelque chose soi-même; c'est le seul moyen de se mettre rapidement au niveau actuel de la science et d'éviter de tomber dans des répétitions.

Combien de fois, n'arrive-t-il pas que, sur le point de réaliser une idée, on constate, non sans une légère déception, qu'un autre vous a devancé et a déjà mis à exécution cette idée que l'on croyait neuve.

Nous avons même vu des travaux presque complètement terminés, qu'on n'a pu utiliser, et cela, parce que l'auteur avait été devancé par un autre; c'est qu'en effet on est presque toujours sûr, que si quelqu'un a une idée, il n'est pas seul à l'avoir.

Il suffit, d'ailleurs, pour montrer la vérité de cette assertion de rappeler que presque toutes les grandes découvertes ont été faites par deux et quelquefois par plusieurs personnes à la fois, et cela d'une manière tout à fait indépendante.

C'est pour les électriciens en particulier que la nécessité d'une bonne bibliothèque se fait sentir. La science électrique fait actuellement de si rapides progrès qu'il faut une attention très soutenue pour en suivre le développement.

Or, ceci peut surprendre, mais une bonne bibliothèque est une chose rare, très rare, même à Paris. Précisons: On a d'abord la Bibliothèque Nationale; cette bibliothèque, chacun le sait, renferme absolument tout, mais c'est cette extrême richesse même qui en fait le principal défaut.

Tel que le service est organisé actuellement, il est très difficile d'y consulter les livres, sans une perte de temps considérable et surtout les livres récents dont on a besoin. Quant aux revues et

publications périodiques, la complication est encore plus grande.

Le seul moyen de faire rendre par cette Bibliothèque les services que l'on en pourrait attendre serait, d'après l'avis unanime de tous ceux à qui nous en avons parlé, de scinder le service et de procéder par sections, comportant chacune un genre de livres spéciaux.

Comme bibliothèque scientifique, la meilleure

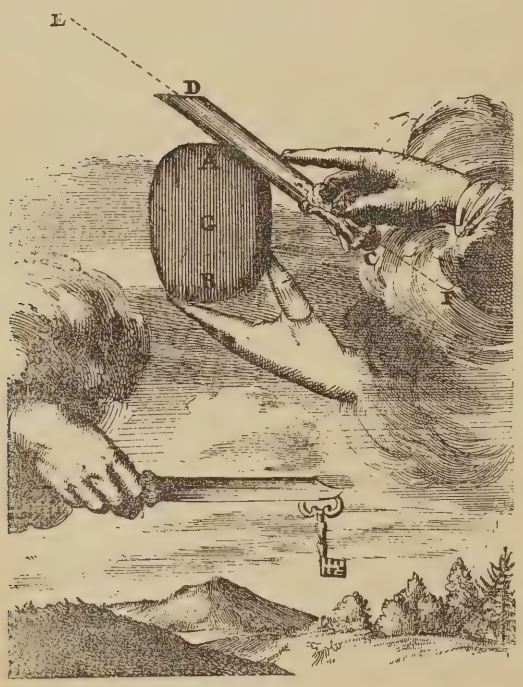


Fig. 1

est certainement celle de l'Institut. Cette bibliothéque — ne pas confondre avec la bibliothèque Mazarine — renferme à peu près tout ce qui se publie ; malheureusement elle n'est pas publique, l'accès en offre même des difficultés sérieuses.

Quant aux autres bibliothèques, l'électricien et même l'homme scientifique en général, n'y trouvent pas les renseignements qu'ils pourraient désirer. Les revues et les publications périodiques étrangères, par exemple, y font souvent défaut.

Or, en ce qui concerne l'électricité, il est de toute nécessité de les lire sons peine d'être toujours en retard. Il est vrai, et nous sommes heureux de le constater, que depuis quelque temps certaines revues, bien inspirées d'ailleurs, s'efforcent de tenir le lecteur français au courant de ce qui se passe ailleurs, en donnant des traductions des meilleurs mémoires étrangers.

Un autre défaut de ces bibliothèques, c'est qu'elles sont trop générales, ce qui ne permet guère au Directeur de se tenir au courant des différentes branches qui en constituent l'ensemble. Si, du temps de Descartes, on pouvait être en même temps savant et homme de lettres, de notre temps la chose n'est plus possible ; avec l'extension excessive qu'a prise la publication, il est déjà bien difficile d'être au courant d'une branche spéciale.

On peut ajouter de plus que les heures d'ouverture de la plupart des bibliothèques ne corres-

Fig. 2

pondent que fort peu avec les exigences de la vie moderne.

Aussi croyons-nous que la création de quelques bonnes bibliothèques spéciales s'impose, et que ces bibliothèques, si elles sont d'un accès commode, à des heures convenables, et surtout le soir, pourront contribuer puissamment à maintenir le niveau intellectuel à un degré élevé.

Ajoutons encore que la plupart des grandes écoles possèdent d'excellentes bibliothèques spéciales, mais ces bibliothèques en général ne sont pas accessibles au public.

Pour ce qui concerne l'électricité, cette question de bibliothèque a été résolue de la manière la plus heureuse et d'une façon complète. Aussi

sommes-nous heureux de pouvoir signaler aux Electriciens la belle bibliothèque des Postes et Télégraphes.

Cette bibliothèque n'est pas à proprement parler publique, mais le Bibliothécaire se fait un devoir et une satisfaction d'accueillir de la manière la plus aimable toutes les personnes qui s'intéressent à l'électricité. D'ailleurs, cette bibliothèque est actuellement ouverte tous les jours, Dimanche compris, de dix heures du matin à dix heures du soir.

On ne peut pas avoir une plus large latitude pour le travail.

Aussi avons-nous pu constater avec quel empressement le personnel des Postes et des Télégraphes répond à toutes les facilités que le Ministre veut bien lui octroyer, pour étendre le champ de ses connaissances.

Fig. 3

La Bibliothèque située à l'entresol, rue de Grenelle St-Germain, comprend huit pièces garnies de vitrines simples et élégantes. Deux salles spéciales de travail, spacieuses et bien éclairées, sont remplies au moment de notre visite, d'une clientèle studieuse et silencieuse.

Ces visiteurs ont à leur disposition des richesses bibliographiques vraiment exceptionnelles et que le Bibliothécaire, M. Jacquez, qui n'est pas un inconnu pour nos lecteurs, a su rassembler avec méthode et persévérance, depuis qu'il a été mis à la tête de ce service important. M. Jacquez, auteur d'un *Dictionnaire d'Electricité et de Magnétisme* des plus estimé. connaît plusieurs langues vivantes et est ainsi à même de puiser les renseignements les plus intéressants dans les documents originaux en France et à l'étranger. Il faut dire toutefois qu'il ne semble heureux que lorsqu'il a pu faire profiter ses clients de son érudition.

Nous avons été témoin de la manière gracieuse, encourageante, dont il sait accueillir tous les visiteurs, du côté pratique qu'il sait faire toucher du doigt aux lecteurs inexpérimentés qui viennent lui demander des conseils; aussi n'avons-nous pas hésité à le mettre à contribution pour nous faire explorer les richesses qu'il a su amasser.

Fig. 4

La grande salle de la Bibliothèque est consacrée spécialement aux ouvrages sur l'électricité et renferme, classés d'une manière méthodique, claire et simple, les volumes concernant l'Histoire de l'Electricité, l'Electrométrie, les traités généraux ou partiels d'Electricité et de Magnétisme, les publications relatives à la télégraphie, la lumière électrique et à toutes les applications diverses de l'Electricité, et enfin les journaux et brochures diverses. Un catalogue à la disposition des lecteurs leur permet d'indiquer exactement à

l'employé, chargé du service des communications, les volumes qu'ils désirent, et *aussitôt* il leur est donné satisfaction.

L'un des desiderata que nous avons formulés précédemment se trouve donc comblé, grâce à l'organisation parfaitement entendue du service.

Nous avons feuilleté le catalogue et nous ne résistons pas à l'envie de faire partager à nos lecteurs l'impression que nous en avons ressentie.

Ainsi, en mettant de côté les textes anciens de Lucrèce, de Pline l'Ancien, sur l'aimant, de César sur le feu St-Elme, etc., le premier volume consacré à l'Electricité et au Magnétisme est, dans l'ordre chronologique, le traité de Gilbert intitulé :

De Magnete, magneticisque corporibus et magno magnete tellure.

C'est dans cet ouvrage bien connu, quoique rare, que Gilbert définit, dans l'année 1600, les corps électriques « *quae attrahunt eadem ratione ut electrum.* » Telle est la première définition née logiquement de l'attraction caractérisant les phénomènes électriques.

Cet ouvrage remarquable est intéressant au premier chef. Le chaos où se perdaient, dans un amas confus, quelques notions bien rares sur l'électricité et le magnétisme, va disparaître : c'est l'aurore d'un jour nouveau que le médecin de la reine Elisabeth annonce dans son excellent traité.

Le second volume que nous rencontrons « *Magnes, sive de arte magneticâ*, du père *Kircher*, de 1654, est loin d'avoir été inspiré par une pensée aussi nette que celle qui caractérise l'œuvre de *Gilbert*. Ce dernier est un savant novateur. Le père *Kircher* est un érudit transcendant du 17e siècle qui entreprend, comme *Pic de la Mirandole*, de discuter des thèses sur une foule de variantes de son sujet, *de omni re scibili*; il faut dire pourtant qu'il soutient ces thèses avec une certaine originalité.

Puis vient, toujours dans l'ordre chronologique, *Otto de Guericke* avec son traité de 1672 intitulé *Experimenta nova (ut vocantur) magdeburgica de virtutibus mundanis* ». Cet ouvrage précieux a été reproduit par l'imprimerie allemande et complété par une notice historique du Dr Zerener. Il faisait partie de l'Exposition de l'Electricité de 1881, à Paris.

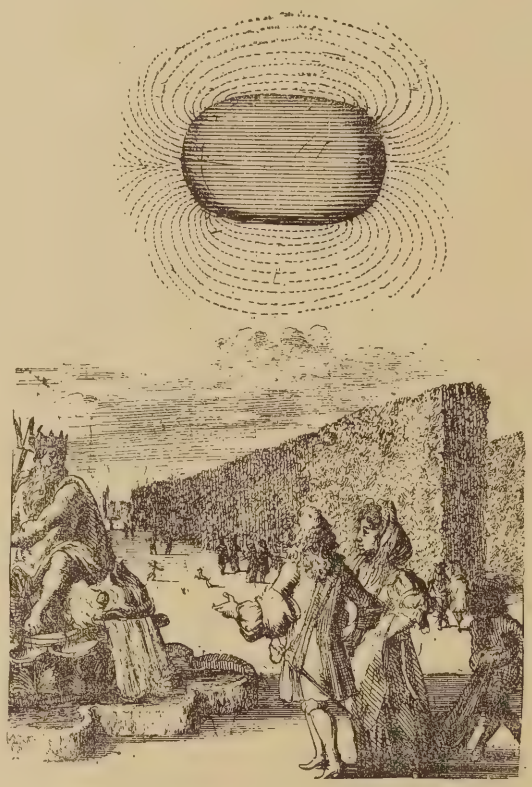


Fig. 5

Le quatrième volume du 17e siècle que possède la Bibliothèque est un « *Traité de l'Aimant* » de 1687, par M. D*** et que M. Jacquez attribue à Dalencé. A titre de curiosité, nous reproduisons le passage suivant de ce traité sur la constitution des aimants : « Chaque aimant « a aussi bien que la terre « une matière magnétique « qu'il a appportée de la « mine, qui est la même « que celle de la terre, « laquelle circule de même autour de lui et passe « d'un pôle à l'autre par « des pores parallèles entre eux ». Cet exposé est rendu plus net par les figures ci-jointes, dans lesquelles sont indiquées les lignes de force telles que Faraday les a conçues. (V. fig. 2, 3, 4, 5.) Il est inutile de dire que ce n'est qu'une illusion.

La littérature électrique du 18e siècle est déjà beaucoup plus riche que celle du 17e, et nous ne nous attarderons pas à en étudier les productions en détail. Nous nous contenterons de choisir dans la nomenclature des ouvrages parus pendant cette période, ceux qui nous ont semblé intéressants et d'en reproduire les titres dans la liste suivante.

Otto de Guericke. — Experimenta nova (ut vocantur) magdeburgica de virtutibus mundanis (1672).

*** Traité de l'aimant, (par M. D.) (1687).
HAUKSBEE. — Physico-mechanical experiments on various subjects containing an account of several surprizing phenomœna touching light and electricity (1719).
HAUSEN. — Novi profectus in historia electricitatis (1743)
BOSE. — Tentamina electrica (1744).
GRALATH. — Geschichte der Electricitæt (1747).
WINKLER. — Traité sur l'électricité (1748). *Traduction.*
WATSON. — Traité sur l'électricité (1748) *Traduction.*
JALLABERT. — Expériences sur l'électricité avec quelques conjectures sur la cause de ses effets (1749).
BOULLANGER. — Traité de la cause des phénomènes de l'électricité (1751).
(MANGIN (abbé)). — Histoire générale et particulière de l'électricité (1752).
NOLLET. — Lettres sur l'électricité (1753).
— Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques (1749).
— Essai sur l'électricité des corps (1753).
EULER. — Disquisitio de causâ physicâ electricitatis (1755).
FRANKLIN. — Expériences et observations sur l'électricité faites à Philadelphie (1756).
AEPINUS. — Sermo academicus de similitudine vis electricœ atque magneticae (1759).
PRIESTLEY. — The History and present State of Electricity with original Experiments (1767) *avec traduction française.*
VOLTA. — Novus ac simplicissimus electricorum tentaminum apparatus seu de corporibus eteroelectricis quœ fiunt idioelectrica experimenta atque observationes (1771).
FRANKLIN. — Œuvres de Franklin (1773) *Traduction.*
LE MONNIER. — Lois du magnétisme (1775).
HERBERT. — Theoriœ phenomenorum electricorum (1778).
L. MAHON. — Principes d'électricité contenant plusieurs théorèmes appuyés par des expériences (1781). *Traduction.*
MARAT. — Recherches physiques sur l'électricité (1782)
NAIRNE. — Description de la machine électrique négative et positive (1784). *Traduction.*
SWINDEN. — Recueils de mémoires sur l'analogie de l'électricité et du magnétisme (1784).
SIGAUD DE LA FOND. — Précis historique et expérimental des phénomènes électriques (1785).
CAVALLO. — Traité complet d'électricité (1785).
BERTHOLON (abbé). — De l'électricité du corps humain dans l'état de santé et de maladie (1786).
VAN MARUM. — Beschreibung einer ungemein grosser Elektrisiermaschine (1786).
DE TRESSAN. — Essai sur le fluide électrique considéré comme agent universel (1786).
HAUY (abbé). — Exposition raisonnée de la théorie de l'électricité et du magnétisme d'après les principes d'Aepinus (1787).
GEORGE ADAMS.—An Essay on Electricity (1787).
GALVANI. — De viribus electricitatis in motu musculari commentarius (1791).
HUMBOLDT. — Expériences sur le galvanisme.

Il nous a suffi d'indiquer les titres complets des ouvrages principaux avec leur date d'impression, mais nous ne saurions relever même brièvement tous les passages fort intéressants qui caractérisent telle ou telle époque. Il est cependant quelques extraits que nous ne voulons pas passer sous silence. M. Govi a réfuté l'opinion erronée qui voulait attribuer à Romagnesi la découverte d'Oersted (V. l'expérience de Romagnesi dans Izarn, *Manuel de galvanisme*, 1804 - p. 120). Marat, dans ses *Recherches physiques sur l'Electricité*, p. 327, en 1782, a écrit le passage significatif qui suit: « *Le fluide électrique peut développer la vertu magnétique dans les corps qui en sont susceptibles et changer les pôles des corps aimantés* » et il attribue à Franklin [1] les expériences premières à ce sujet. Si nous voulions juger la question d'après la lettre, Franklin ou Buffon aurait donc découvert l'électromagnétisme. Mais cette expérience est restée sans écho et sans conséquence jusqu'à Oersted et Arago. Nous renverrons la question soulevée dans le livre de Marat jusqu'à plus ample informé.

Toutes ces observations intéressantes, soulevées dans une véritable conférence péripatéticienne, dans la Bibliothèque, en passant en revue les vitrines, nous montrent quelle somme énorme de travail il y aurait à dépenser pour vérifier certaines données quelque peu controversées de la science. Mais passons. Nous rappellerons également pour mémoire le passage dans lequel Sigaud de la Fond, dans son « *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques* » mentionne

[1] Franklin en attribue la priorité à Buffon (V. Lettre II du 29 juin 1751 à Collinson).

qu'il avait fait usage d'une machine électrique à plateau circulaire, avec frotteurs sur la circonférence, dès 1756.

Pour le 19e siècle, il serait vraiment trop long et peu intéressant d'établir la nomenclature des ouvrages plus connus que possède le Ministère des Postes et Télégraphes. Il nous suffira d'indiquer les noms des auteurs principaux dont on remarque les publications dans les vitrines, savoir:

Sue, Reinhold, Wilkinson, Izarn, Aldini, Du Luc, Petetin, De Launay, Gay Lussac et Thenard, Singer, Ampère, Arago, Oersted, Gauss, De la Rive, Weber, Pouillet, Faraday, Ohm, Barlow, Becquerel père et fils, Gaugain, Matteucci, Masson, Nicklés, Wiedemann, Riess, Harris, Poisson, Verdet, Lamont, Delezenne, Klaproth, Wheatstone etc.. etc... J'en passe des quantités et des meilleurs. Les collections modernes sont d'ailleurs absolument complètes.

La partie relative aux applications de l'électricité est composée de livres de publication relativement récente. Comme on a lieu de le penser la série ayant trait à la télégraphie est très remarquable.

Depuis Chappe en passant par l'abbé Moigno, Breguet, Du Moncel et le regretté Blavier, on trouve absolument tout ce qui a été publié dans toutes les langues sur la télégraphie, la téléphonie, la lumière électrique, la galvanoplastie et les autres applications, accessoires aujourd'hui, peut-être capitales demain.

Les télégraphies aérienne, souterraine, sous-marine, militaire, sont représentées dans cette série par une foule de traités spéciaux et consultés journellement par un nombre considérable de visiteurs.

A côté des ouvrages précédemment signalés, il est de la dernière importance de rencontrer les publications périodiques de toute nature et surtout de pouvoir les consulter dès leur apparition.

Le service de la Bibliothèque du Ministère donne satisfaction à ce désir de la manière la plus complète et nous sommes heureux de constater que parmi les bibliothèques de Paris, celle du Ministère des Postes et des Télégraphes marche au premier rang pour le nombre des journaux spéciaux relatifs à l'électricité qu'elle reçoit.

Pour prouver ce que nous avançons, nous reproduisons ci-après, parmi les 124 journaux de toute sorte que l'on reçoit, la liste de 70 d'entre eux traitant d'une manière plus ou moins complète d'électricité. Cette série choisie ne saurait être trop appréciée, car, ainsi qu'on le remarquera, on a tenu à compléter à peu près toutes les collections.

1. Académie des Sciences de Paris (*collection complète depuis 1666*).
2. Académie des Sciences de Berlin.
3. Académie des Sciences de Vienne.
   Gren's Journal der Physik (*collection complète*).
   Gilbert's Annalen (*collection complète*).
   Poggendorff's Annalen (*collection complète*).
4. Annalen der Physik und Chemie (*série entière*).
5. Annales de Physique et de Chimie (*collection complète depuis 1789*).
6. Annales de l'École normale supérieure.
7. Annales industrielles (*collection complète*).
8. Annales télégraphiques (*collection complète*).
9. American Journal of Science (New-Haven).
10. Archiv für Post und Telegraphie (Berlin) *collection complète*).
11. Archives des Sciences physiques et naturelles (*collection à partir de 1854*) (Genève).
12. Astronomie (*collection complète*).
13. Annuaire de la Société météorologique de France.
14. Beiblætter zu den Annalen der Physik und Chemie.
15. Bulletin de la Société internationale des Électriciens (*collection complète*).
16. Bulletin officiel de la Marine (*collection complète*).
17. Bulletin de la Réunion des Officiers (*collection complète*).
18. Bulletin de la Société d'encouragement.
19. Bulletino telegrafico (Rome) (*collection complète*).
20. Bulletin international de l'Électricité (*collection complète*).
21. Centralblatt für Elektrotechnik (Munich) (*collection complète*).
22. Cosmos. Les Mondes (*collection complète*).
23. Dingler's polytechnisches Journal (Stuttgart).
24. Electrical Review (New-York).
25. Electrical World (New-York).
26. Electrician (Londres).
27. Electrician and Electrical Engineer (New-York).
28. Electricidad (Barcelone).
29. Étincelle électrique.
30. Électricien (*collection complète*).
31. Électricité — —

32. Elektritchestvo (Saint-Pétersbourg) (*collection complète*).
33. Elektro-techniker (Vienne) (*collection complète*).
34. Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin) (*collection complète*).
35. Engineering (Londres).
36. Génie civil (*collection complète*).
37. India Rubber and Gutta-percha Journal. (Londres) (*collection complète*).
38. Ingénieur-Conseil.
39. Inventions brevetées.
40. Journal de physique (*collection complète*).
41. Journal des savants.
4 Journal des sciences militaires.
43. Journal de la Société de Statistique de Paris (*collection complète*).
44. Journal of the Telegraph (New-York).
45. Journal télégraphique (Berne) (*collection complète*).
46. Journal of the Society of Telegraph Engineers and Electricians (Londres) (*collection complète*).
47. La Lumière Électrique (*collection complète*).
48. Maanblad voor Telegraphie (Arnhem) (*collection complète*).
49. Military Telegraph Bulletin (Londres) (*collection complète*).
50. Moniteur de l'Exposition de 1889.
51. Moniteur industriel.
52. Monde de la science et de l'industrie.
53. La Nature (*collection complète*).
54. Nuovo Cimento.
55. Philosophical Magazine (Londres) (*collection complète depuis 1798*).
56. Philosophical Transactions (Londres) (*collection complète depuis 1638*).
57. Post und Telegraph (Vienne) (*collection complète*).
58. Proceedings of the Royal Society (Londres) (*collection complète depuis 1800*).
59. Revue du cercle militaire (*collection complète*).
60. Revue internationale d'électricité (*collection complète*).
61. Revue industrielle.
62. Revue maritime et coloniale (*collection complète*).
63. Revue militaire de l'étranger (*collection complète.*
64. Revue scientifique (*collection complète*).
65. Revue générale des chemins de fer (*collection complète*).
66. Scientific American et supplément (New-York).
67. Telegrafista (Rome) (*collection complète).*
68. Telegraphic Journal and Electrical Review (Londres) (*collection complète*).
69. Telegraphist (Londres) (*collection complète*).
70. Zeitschrift für Elektrotechnik (Vienne) (*collection complète*).

Réparties par nationalité, d'après les langues dans lesquelles elles sont rédigées, ces différentes publications périodiques se résument dans le tableau suivant :

Langue française..	France.....	34
	Belgique.....	1
	Suisse.....	2
Langue anglaise...	Angleterre.....	10
	Amérique.....	6
Langue allemande.	Allemagne.....	7
	Autriche.....	4
Langue italienne..	Italie.....	3
Langue russe.....	Russie.....	1
Langue espagnole.	Espagne.....	1
Langue hollandaise	Hollande.....	1
	Total.....	70

Les collections intéressantes réunies dans les vitrines de la Bibliothèque du Ministère ne se bornent pas, toutefois, strictement à l'électricité et au magnétisme, et nous aurions encore à noter des séries précieuses de volumes, dans les salles consacrées aux sciences physiques, chimiques, naturelles et mathématiques, qui complètent de la manière la plus heureuse les ouvrages spéciaux traitant de l'électricité. Les sciences philosophiques, la jurisprudence, les archives des services postaux et télégraphiques, dont l'étude n'est pas de notre compétence, forment avec le tout un ensemble, dont la valeur actuelle est énorme et dont l'utilité ne saurait être méconnue.

Qu'il nous soit donc permis, en terminant, d'adresser nos chaleureuses félicitations à M. le Chef du Cabinet, dans les attributions duquel rentre la Bibliothèque. Nous nous étions présenté rue de Grenelle en amateur indifférent et quelque peu prévenu, nous en sommes sorti, au contraire, absolument émerveillé de la manière intelligente dont fonctionne le service de la Bibliothèque et des excellents services qu'elle rendra à toute personne qui s'intéresse sérieusement aux progrès de la science électrique.

P.-H. Ledeboer

FAITS DIVERS

On vient d'installer à l'hôtel Continental la plus puissante dynamo Gramme qui ait encore été construite. Cette machine devait remplir certaines conditions déterminées imposées par le manque de place. La vitesse ne devait pas dépasser 350 tours par minute et elle devait fournir 400 ampères et 100 volts. Le poids total est de 800 kilos, les dimensions du bâti sont de 1,95 mètre de long, sur 1,90 mètre de large ; la hauteur de l'ensemble au-dessus du sol est de 1,60 mètre.

Le diamètre extérieur de l'induit est de 0,85 mètre, ce qui donne à 350 tours une vitesse linéaire de 15,25 mètres par seconde. Le poids du fil de cuivre sur l'induit n'est que de 71 kilos, et sa résistance de 18/10000 d'ohm. La résistance des inducteurs excités en dérivation est de 6,20 ohms et le poids du cuivre enroulé de 600 kilogr.

L'excitation du champ magnétique se règle au moyen d'un rhéostat à touches placé à côté de la machine et qui permet de graduer l'intensité du courant d'excitation, selon la charge de la machine au moyen de l'introduction d'une résistance variable dans le circuit d'excitation.

Le rendement de la machine est de 93 pour cent. La puissance électrique totale à pleine charge est de 60 chevaux, et la puissance utile disponible de 55,8 chevaux. Cette dynamo alimente les lampes Edison installées dans l'hôtel.

Le Dr Eisenmann, de Berlin, vient d'inventer une nouvelle pile dans laquelle il emploie l'acide tungstique comme liquide excitateur, au lieu de l'acide chromique. Ces deux acides exercent à peu près la même action, la force électromotrice et la résistance des éléments sont les mêmes, mais il suffit d'une faible addition d'acide tungstique. Quand cet acide a été réduit par des électrodes métalliques, telles que celles de zinc par exemple, il est facilement régénéré par l'oxygène de l'air. L'emploi de l'acide tungstique est surtout avantageux dans des éléments à électrodes mobiles.

M. Desson de Bruxelles a reçu la commande de plusieurs appareils électriques pour l'explosion de cartouches de dynamite sous l'eau. Ces appareils sont destinés au canal de Panama et comprennent une dynamo capable de faire partir jusqu'à 500 cartouches à la fois. La même machine servira aussi pour l'éclairage électrique.

La Chambre de Commerce de Londres vient de nommer une Commission chargée d'examiner les avantages qu'il y aurait à relier électriquement les feux flottants et les phares isolés avec la terre. La Chambre de Commerce de Plimouth s'est déjà occupée de cette question, il y a neuf ou dix ans et il fut proposé, à cette époque, d'établir un câble de la terre jusqu'au phare d'Eddystone, mais ce projet n'a cependant jamais été réalisé. Il faut espérer que la nouvelle Commission arrivera à un résultat plus satisfaisant.

L'Amirauté Anglaise a disposé, en application de la loi sur les brevets, que tout fonctionnaire ou employé subalterne d'une division administrative, ou d'un atelier dépendant de l'Amirauté qui désirerait prendre un brevet d'invention, doit en demander préalablement l'autorisation aux lords commissaires de l'Amirauté. Une des conditions attachées à cette autorisation sera que, dans le cas où le gouvernement entrerait en pourparlers avec l'inventeur, au sujet de l'utilisation de son invention ou de son perfectionnement, les lords commissaires puissent tenir compte de la mesure dans laquelle l'inventeur doit sa découverte à la position officielle qu'il occupe.

La Compagnie Edison de New-York vient d'adresser une circulaire à toutes les compagnies locales exploitant le système Edison ainsi qu'à tous les constructeurs et entrepreneurs intéressés dans les affaires d'éclairage électrique pour les informer que la nouvelle jauge de M. Edison, dont nous avons déjà donné la description, a été définitivement adoptée par la Compagnie. En vue des commandes importantes de la Compagnie, plusieurs des plus grandes fabriques de fils aux Etats-Unis ont promis de fournir des fils de cuivre conformément à la nouvelle jauge.

La Cours suprême des États-Unis, à Washington, es actuellement saisie du fameux procès contre M. Bell. Les plaidoiries ont commencé le 27 janvier, et l'avocat des plaignants a accusé le professeur Bell de fraude, en déclarant qu'il avait modifié la spécification de son brevet, pendant que celui-ci était encore soumis à l'examen du bureau des brevets. Ces changements auraient été faits à la suite d'une communication faite à M. Bell du caveat déposé par M. Elisha Gray, et dans le but d'incorporer dans le brevet Bell des inventions appartenant à M. Gray. Pour prouver cette accusation l'avocat a cité l'existence de deux documents, l'un est une copie des spécifications de M. Bell qui avait été envoyée en Angleterre en 1876, pour servir de base à une demande de brevet dans ce pays, et l'autre une copie certifiée de la spécification modifiée et corrigée qui avait été déposée au bureau des brevets, mais qui serait rentrée dans la possession de M. Bell, par suite d'une transaction frauduleuse avec les employés

du département, et remplacée par une autre copie nette.

L'avocat de M. Bell a répondu que les changements faits dans la spécification envoyée en Angleterre étaient parfaitement justifiés, et qu'ils étaient le résultat des recherches de M. Bell lui-même. Quant aux additions faites au deuxième document, il en était l'auteur lui-même ; c'est lui qui a ajouté au crayon, lors du procès Dow-Bell, ce qui avait été ajouté à la spécification envoyée en Angleterre.

Éclairage Électrique

L'éclairage électrique à l'Elysée, à l'occasion des deux derniers bals du Président de la République, se composait de 330 lampes à incandescence Swan, alimentées exclusivement par 660 accumulateurs de M. Jarriant, disposés en 22 séries de 30 éléments. Les constantes de ces lampes étaient de 1 ampère et 50 volts et chaque batterie activait environ 15 ampères. Au début de l'éclairage, il n'y avait que 27 éléments dans chaque série en tension ; les trois autres formaient réserve pour augmenter le potentiel et le maintenir constant, au fur et à mesure de l'épuisement des éléments. Dans l'espèce, la précaution était presque inutile, puisque la capacité des accumulateurs employés était de 350 ampère-heures, et qu'il en a été dépensé moins de 150.

Pour les lampes à incandescence à filaments longs et minces, il arrive souvent que des détériorations se produisent dès l'expédition. Les secousses du transport se traduisent par des oscillations violentes des filaments et ceux-ci ne tardent pas à se rompre. D'autre part, les filaments longs et minces ont une tendance à s'incliner, ce qui nuit à l'effet de l'éclairage et à l'ampoule elle-même.

La Société allemande Cruto, ainsi que MM. Siemens et Halske de Berlin, ont remédié à ces inconvénients, en soutenant le filament au moyen d'un petit crochet en fil mince de platine, fixé à la lampe à la partie supérieure de l'ampoule.

L'action aveuglante des lampes électrique a, jusqu'ici, été combattue par l'emploi de verre dépoli à l'extérieur, mais dernièrement MM. Siemens et Halske, de Berlin, ont baigné les globes des lampes, qui devaient produire une lumière diffuse régulière, dans un vernis transparent très liquide. Ce n'est que par un examen attentif et de très près que l'on réussit à distinguer une lampe ainsi traitée de celles en verre dépoli. Le but est donc atteint par un procédé beaucoup plus simple et moins coûteux, de sorte que la différence du prix entre les lampes en verre dépoli et en verre ordinaire disparaît maintenant.

L'usine centrale municipale de lumière électrique à Elberfeld, sera inaugurée le 1er octobre prochain. Le prix d'une lampe à incandescence sera de 5 centimes par heure avec un minimum de 1 heure 1/2 d'éclairage par jour. Les petites lampes à arc de 180 bougies coûteront 15 centimes par heure. Le compteur d'électricité installé chez les abonnés, restera la propriété de la ville qui le loue aux abonnés.

Le *Palmengarten*, à Francfort, est maintenant éclairé à la lumière électrique. Deux dynamos actionnées par une machine à vapeur alimentent 10 foyers à arc de 1200 bougies chaque, ainsi qu'un certain nombre de lampes à incandescence de 10 à 50 bougies installées dans le restaurant, le vestiaire, etc. Toute l'installation a été faite par MM. Staudt et Voigt de Francfort.

Le Conseil municipal de la ville d'Olmütz va prochainement faire installer une usine centrale d'électricité, aux frais de la ville. La capacité provisoire de l'installation sera de 3000 lampes.

Les ingénieurs du département des télégraphes, en Belgique, étudient en ce moment un vaste projet pour l'installation de l'éclairage électrique dans tous les ministères à Bruxelles, au moyen de 7000 lampes à incandescence.

Le ministre de la Guerre, à Madrid, a décidé de faire installer des foyers électriques de projection dans toutes les villes fortifiées de l'Espagne. Une grande dynamo a été commandée à Oerlikon en Suisse et on s'occupe activement à Madrid de la fabrication d'un accumulateur d'un nouveau système inventé par un officier d'artillerie.

Le port de *Las Palmes*, une des principales villes des îles Canaries, va prochainement être éclairé à la lumière électrique. Les travaux sont déjà commencés et les frais seront couverts par une souscription publique.

La lumière électrique fonctionne depuis le 1er mars, sur toute la longueur du canal de Suez soit sur une distance de 160 kilomètres, afin de permettre la navigation pendant la nuit. L'installation comprend 18 phares et 76 bouées

lumineuses. Celles-ci sont placées dans les courbes, elles sont vertes sur la rive asiatique, rouges sur l'autre rive. Lorsque deux navires se rencontrent pendaut la nuit, celui qui se place dans le garage doit éteindre ses foyers électriques jusqu'à près le passage de l'autre bâtiment.

Sur la demande d'un grand nombre d'armateurs de Liverpool, il a été décidé de remplacer les foyers électriques qui marquent la barre de la Mersey par de puissantes lampes à huile. Les navigateurs se plaignent de ne pas pouvoir distinguer le foyer électrique des feux brillants des autres navires. Les expériences faites avec la lumière électrique ont entraîné une dépense de 62,500 francs.

Des expériences intéressantes sur une nouvelle lampe sous-marine, destinée aux pêcheries de perles, ont eu lieu dernièrement en Écosse. La lampe construite par MM. Alley et Maclelan est d'une intensité lumineuse d'environ 1000 bougies et peut être plongée à n'importe quelle profondeur; on pourra donc s'en servir pour examiner les navires coulés, les travaux dans un port, les bancs d'huîtres, etc. Ces expériences qui seront suivies d'autres ont, paraît-il, donné de très bons résultats.

Il est question d'utiliser les chutes de la Clyde, en Ecosse, pour l'éclairage électrique de la ville de Lanark, au moyen d'une transmission électrique; un comité vient de se constituer dans la ville à cet effet.

Il est assez curieux d'observer que, tandis que 75 villes aux Etats-Unis sont actuellement éclairées à l'électricité il n'y en a pas une seule dans laquelle le nouvel éclairage soit exploité par la ville elle-même. Il n'y a d'ailleurs que deux villes, aux Etats-Unis, Philadelphie et Richmond, qui possèdent, en propre, une usine à gaz.

La Compagnie Gulcher vient d'installer 65 lampes à incandescence Swan, de 16 bougies, dans les mines d'Ynishir, au pays de Galles. Une trentaine de ces lampes sont sous terre. Le courant est fourni par une dynamo Gulcher pouvant alimenter 100 lampes de 16 bougies.

L'*Electrical World* de New-York, nous fournit les renseignements suivants sur le progrès de la lumière électrique aux Etats-Unis : Il y a en Amérique 40 compagnies principales fabriquant des dynamos et des lampes à arc ou à incandescence. Il s'est fondé, en 1886, plus de 400 sociétés locales, ce qui en porte le nombre total en fonction à près de 700. Le nombre des compagnies de gaz fournissant la lumière électrique dépasse 50.

On peut estimer à 140,000 le nombre des lampes à arc en fonction aux Etats-Unis. Les 60 usines centrales principales ont à elles seules près de 40,000 lampes en service. Dans 80 villes, chaque usine alimente en moyenne 150 lampes ; 70 usines desservent de 50 à 100 foyers. Le capital engagé dans l'éclairage à arc peut être estimé à 200 millions de francs.

On peut juger des progrès de l'éclairage à incandescence par la statistique relative à la compagnie Edison dont les installations isolées ont suivi la progression suivante :

	Nombre d'installation	Nombre de lampes
1881	»	1,122
1882	»	29,192
1883	»	65,856
1884	»	98,020
1885	520	132,875
1886	702	181,463

Il y avait à la même date 58 stations centrales alimentant 150,000 lampes. La progression s'est continuée en 1886 et le nombre total des lampes atteint aujourd'hui 387,000 les machines, représentant une puissance de production totale de 500,000 lampes.

Les autres compagnies ont établi entre 130,000 et 150,000 lampes.

Le total des lampes en service dépasse 550,000 et le capital engagé représente environ 70 millions de francs.

Si l'on ajoute à ces chiffres les valeurs représentées par les fabriques d'appareils, machines, lampes, charbons, conducteurs, appareillage, moteurs et valeurs des brevets, on trouve que le capital engagé dans l'industrie de l'éclairage électrique en Amérique, représente 750 millions de francs.

Télégraphie et Téléphonie

La semaine dernière un rapport sur les résultats de l'exploitation des télégraphes en Angleterre pour l'année, prenant fin le 31 mars 1886, a été présenté au parlement. Les recettes pour l'année s'élèvent à 45,810,025 francs, laissant un déficit de 1,128,320 francs. La principale source des recettes représentant 49,371,300 francs, provient de la transmission des dépêches, location de fils particuliers, etc., mais il faut en déduire 5,744,900 francs payés aux compagnies et câbles sous-marins, etc. Les

dépenses représentent principalement des appointements, loyers, entretien du réseau, etc. Le chiffre de 1,128,320 francs ne représente cependant pas le vrai déficit, car il convient d'y ajouter une somme de 8,160,425 francs, montant des intérêts d'un an sur le prix d'achat de 272,014,275 francs. Le déficit réel ressort donc à 9,288,750 francs, qui est le plus fort depuis la reprise des réseaux par l'état. La seule année ayant donné un équilibre comparatif des recettes et dépenses était en 1881, où le déficit ne s'élevait qu'à 24,400 francs.

Le rapport que vient de publier la *Telegraph Construction and Maintenance C°* de Londres fixe les bénéfices nets de la compagnie pour l'année dernière à 1,875,000 francs, ce qui a permis de payer aux actionnaires un dividende de 20 o/o tout en portant 1,250,000 francs au fond de réserve de la Société.

D'après les propositions de l'*Eastern Telegraph C°*, le nouveau bureau télégraphique qui vient d'être installé à Tanger (Maroc), par cette Société serait classé dans le régime européen :

Le tarif serait le même que celui de Gibraltar, avec augmentation de 15 centimes par mot. La correspondance locale avec Gibraltar serait taxée à raison de 20 centimes par mot.

Aucune ligne télégraphique n'existant encore au Maroc, il ne serait pas attribué, quant à présent, de taxe terminale au gouvernement marocain.

Des courriers partent de Tanger :

tous les mercredis et samedis, pour :
Larache,
Rabat,
Casalblanca,
Mazagan,
Saffi,
Mogador ;

tous les lundis et vendredis, pour :
Larache,
Rabat,
Casalblanca ;

tous les dimanches et mercredis, pour :
Fez,
Alcazar.

Il y a en outre des courriers occasionnels pour Tetouan.

Les journaux politiques annoncent que le Sultan du Maroc apprenant qu'un câble avait été posé entre l'Europe et Tanger, aurait donné des ordres pour que ce câble fût coupé.

Le journal l'*Indian Engineer*, annonce qu'un fonctionnaire du département des télégraphes à Umballa aux Indes, vient d'inventer un nouveau système de télégraphie duplex, qui fonctionne sans mise en différentiel d'aucun appareil; une simplification qui réduit les frais d'exploitation de moitié.

Un membre de la Chambre des Communes en Angleterre a interpellé le sous-secrétaire d'Etat pour les Indes, la semaine dernière, à propos du tarif imposé par le gouvernement Indien pour la transmission des dépêches de l'Angleterre à l'Australie, sur les lignes de Bombay à Madras. Il paraît que ces dépêches sont soumises à un tarif 5 fois plus élevé que les télégrammes locaux de Bombay à Madras. Le sous-secrétaire a répondu qu'en effet, les dépêches pour l'Australie coûtaient 75 centimes par mot sur cette ligne, tandis que les dépêches locales étaient transmises pour 22 1/2 centimes ; toutefois, le gouvernement Indien refuse pour le moment de s'exposer à la diminution de recettes qu'entraînerait une réduction du tarif existant.

Dans notre numéro du 5 mars, nous avons annoncé que la Chambre de Commerce de Berlin avait adressé une plainte à l'administration des Postes et Télégraphes, au sujet du fonctionnement défectueux du réseau téléphonique de Berlin.

L'Administration vient de répondre à cette plainte en reprenant point par point les griefs exposés. Quant au personnel, le Directeur général répond qu'il est assez nombreux, exercé et sous tous les rapports à la hauteur du service, sans être surmené.

Les appareils employés ont été choisis comme les meilleurs de tous ceux qui existaient lors de l'installation du réseau et leurs avantages ont été reconnus par les représentants des différentes administrations télégraphiques du monde entier, notamment lors de la conférence Télégraphique Internationale de 1885.

Néanmoins, l'Administration suit avec une attention soutenue tous les perfectionnements qui se produisent. Depuis quelque temps l'introduction d'un grand nombre de câbles a nécessité l'installation chez les abonnés desservis par des fils d'appareils microphoniques et on a l'intention de remplacer les transmetteurs existants par des microphones chez tous les abonnés.

Quant au nombre des bureaux centraux, que la Chambre de Commerce déclare insuffisants, l'Administration est d'un tout autre avis et constate que dans tous les pays, la

préoccupation constante des hommes du métier est d'en diminuer le nombre au lieu de l'augmenter, car plus il y en a, plus il y aura de délais dans l'établissement des communications.

La comparaison avec les réseaux téléphoniques des grandes villes de l'étranger n'est pas juste, parce qu'aucune ville ne possède autant d'abonnés que Berlin, qui en a 6000, et tandis que la moyenne des communications à Paris, Londres et New-York est de 6 à 8 par abonné, elle est de 22 par abonné et par jour à Berlin, et s'élève pour quelques abonnés à 100 par jour. De plus, l'abonnement est à bien meilleur marché que dans tous les autres pays, la Suède et la Suisse exceptées.

Trois bureaux téléphoniques ouverts au public ont été installés à Brême, pour les communications avec le réseau téléphonique de Hambourg. On se sert, à Brême, de transmetteurs microphoniques et la transmission de la parole est, paraît-il, très bonne. Le tarif est de 1,25 francs pour 5 minutes de conversation.

La communication téléphonique directe entre Stettin et Berlin, vient d'être inaugurée officiellement. Les essais ont été très satisfaisants et on a même pû parler de Stettin jusqu'à Magdebourg, viâ Berlin. Le nombre des abonnés à ce service est de 98 à Stettin et de 31 à Berlin.

Nous empruntons au *Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, le tableau suivant qui donne le mouvement comparatif des télégrammes échangés en 1885 et 1886 par voie téléphonique entre les abonnés des réseaux urbains et les bureaux télégraphiques du raccordement.

	1885	1886
Bruxelles	67,497	91,978
Anvers	51,222	57,513
Liège	44,731	53,184
Charleroi	33,169	43,613
Gand	31,244	32,997
Mons	23,792	31,062
Verviers	15,951	20,041
Louvain	15,297	15,118
TOTAUX	282,903	345,506

L'accroissement de mouvement d'un exercice sur l'autre est de 22,12 pour cent.

Le chiffre de 345,506 se décompose ainsi :

Transmis par les abonnés	187,777
Téléphonés aux abonnés	157,729

En outre, les réseaux de Namur, Ostende, La Louvière, Courtrai et Malines, inaugurés respectivement en janvier, juillet, août, septembre et décembre de l'année dernière, ont fourni ensemble 18,342 télégrammes téléphonés, dont 8562 émanant des abonnés et 9780 à l'adresse de ceux-ci.

En résumé, le mouvement total de 1886 présente sur celui de 1885 une augmentation de 28,61 pour cent.

Le bureau de Bruxelles (Nord), transmet et reçoit par téléphone une moyenne quotidienne de 252 dépêches, Louvain arrive en dernier lieu parmi les anciens réseaux avec 41 télégrammes par jour.

Le service téléphonique a été quelque peu dérangé dernièrement, à Lancaster, aux Etats-Unis, à cause d'une grève des jeunes filles employées au bureau central. La difficulté provenait de ce fait, que le directeur avait fait peindre la partie inférieure des fenêtres du bureau, de sorte que ces dames ne pouvaient plus regarder dans la rue. Ce procédé avait provoqué l'indignation naturelle et légitime de tout le personnel féminin; mais nous sommes heureux d'apprendre qu'on est tombé d'accord sur une transaction, et que le service fonctionne de nouveau régulièrement.

La Compagnie Bell, de Buffalo, a demandé aux autorités municipales l'autorisation de construire des canalisations souterraines pour ses fils.

ERRATA

Nous recevons de la maison Siemens et Halske une rectification au sujet des données relatives à ses câbles concentriques doubles, publiées dans notre numéro du 26 février.

Nous attribuions à ces câbles (voir page 436) une résistance de 1000 *ohms* par kilomètre; c'est *megohms* qu'il faut lire.

Nos lecteurs auront déjà corrigé cette erreur.

Enfin, dans notre dernier numéro, la formule de la page 501 a été défigurée; les quantités t/a, $4\,t/a$, etc., indiquées comme facteurs, doivent être mises en exposants.

Le Gérant : Dr C.-C. SOULAGES.

Imprimerie de LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

31, Boulevard des Italiens, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

9e ANNÉE (TOME XXIII) SAMEDI 26 MARS 1887 N° 13

SOMMAIRE. — Origines des variations de l'intensité des piles sèches, et moyens de les éviter; L. Palmieri. — Note sur les bobines d'induction ou les transformateurs. Note sur la théorie des machines à courant alternatif; J. Hopkinson. — Appel direct entre stations télégraphiques reliées par un même fil; D. Napoli. — Recherches sur l'électrolyse; A. Minet.— A propos des lampes à incandescence; Sur la mesure des faibles pressions; E. G.— Considérations sur l'emploi de rhéostats comme régulateurs d'éclairage électrique; Ch. Reignier. — Revue des travaux récents en électricité : Théorie des phénomènes pyro-électriques; par M. Duhem.— Transmission électrique de la force réalisée avec des dynamos Brown. — Les lampes à incandescence, leur emploi et leur fabrication, par le major général C. E. Webber. — La téléphonie en duplex, par M. Rosebrugh.— Sur le calcul des courants induits dans la masse de l'anneaud'une machine dynamo-électrique; H. Lorberg. — Sur la force électromotrice et la polarisation des plaques de terre des lignes télégraphiques; P. R. Muller.— De l'influence du magnétisme sur la conductibilité thermique du fer; A. Battelli. — Sur l'aimantation des mélanges de fer et de charbon en poudre; K. Kobylin et S. Tereschin. — Correspondances spéciales de l'étranger : Allemagne; Dr H. Michaelis. — Angleterre; J. Munro. — Etats-Unis; J. Wetzler. — Nécrologie : Blavier et son œuvre; J. Bourdin. — Correspondance : Lettre de M. José Casas. — Faits divers.

ORIGINES DES VARIATIONS

DE

L'INTENSITÉ DES PILES SÈCHES

ET MOYENS DE LES ÉVITER (1)

Traduit de l'italien par P. Marcillac

Il est admis que les piles sèches, si commodes dans la construction des électroscopes, et qui, d'une façon très simple, indiquent rapidement, non seulement la présence mais encore la nature de l'électricité, sont sujettes à des variations sensibles et peuvent même, parfois, devenir incapables de fournir la moindre indication. Par suite, un électroscope à piles sèches, qui à un moment, sera d'une sensibilité extrême, pourra, dans d'autres circonstances, rester inerte et muet.

Parmi les physiciens, les uns attribuaient à l'humidité cette perte d'énergie; les autres, parmi lesquels je citerai M. Mascart, l'attribuent à un simple abaissement de température. Un fait certain, c'est que : à l'Observatoire du Vésuve, alors que ce dernier était environné de nuages, il m'est arrivé de ne pas pouvoir distinguer, avec un électroscope de Bohnenberger, si l'électricité dominante était positive ou négative.

En raison de cela, Secchi et Hankel, jugèrent convenable d'abandonner, pour la construction de leurs électromètres à feuille d'or, les piles sèches qu'ils remplacèrent par des piles de Volta ou de Daniel, communiquant avec le sol par le milieu : disposition reprise plus tard dans l'électromètre Thomson-Mascart.

L'expérience me montra que les piles sèches (que je faisais venir de Paris) qui ne donnaient parfois que des signes d'électricité très faibles et souvent même nuls, avec l'électroscope bifilaire, recupéraient toute leur force, comme par les temps les plus favorables, lorsqu'on les sortait de leurs tubes en cristal. Si l'on séchait alors ces tubes avec du drap chaud, au dehors et au dedans et si l'on replaçait la pile à l'intérieur, celle-ci retrouvait toute son activité. Je restai dès lors convaincu que, d'après le mode de construction usité, les piles sèches devaient se décharger par l'intermédiaire du verre, lors même que celui-ci était protégé par un vernis à la gomme-laque susceptible de se recouvrir d'une imperceptible couche d'humidité qui lui enlève son pouvoir isolant.

Les piles que construisait Zamboni étaient revêtues d'un mastic isolant et cependant elles perdaient leur force, par certains temps, et la recu-

(1) *Académie des Sciences* de Naples.

péraient, par des temps plus favorables. Je possède une de ces piles depuis 40 ans: énergique à certains jours, elle devient parfois d'une extrême faiblesse.

En conséquence, je jugeai nécessaire d'entourer la pile du meilleur isolant connu qui est l'air, même humide, car de vieilles expériences sur les moyens d'éviter les pertes dans mon électroscope, m'avaient appris que ces pertes provenaient uniquement des isolants solides et non de l'air qui, bien qu'humide, isole encore mieux que ceux ci.

Cette vérité, d'abord mise en doute, fut prouvée plus tard par Marangoni, Agossini, Gaugain, Melsens, sir W. Thomson et tout récemment par M. Luvini.

Lors donc que la pile est rendue indépendante de l'enveloppe en verre qui l'entoure comme un simple abri contre la poussière, elle n'est plus sujette à ces variations notables par suite desquelles l'électroscope de Bohnenberger laisse, souvent, tant à désirer.

Je donnai à la pile sèche ainsi modifiée, que je ne trouvai décrite dans aucun ouvrage italien ou étranger, le nom de *pile à force constante.*

Comme elle ne devait toucher en aucun point, sauf par l'un de ses pôles, l'étui qui la protège, j'ai même pu remplacer avec un plein succès et pour plus de commodité, le tube de verre par une feuille métallique. Grâce à quelques conseils pratiques donnés au constructeur, il a été possible ainsi d'avoir des piles de dimensions restreintes et d'une force relativement très grande, capables de fournir de petites étincelles et des indications galvanométriques sensibles.

En examinant pendant une année entière les indications de tension de ces piles, avec un électromètre bifilaire, j'ai à peine trouvé à de longs intervalles, une variation en plus ou en moins.

Ces variations ne m'ont pas paru dépendre de celles de la température, car s'il en était ainsi, les piles devraient être beaucoup plus énergiques dans les stations chaudes. J'ai cru remarquer, au contraire, qu'avec une plus grande sécheresse, il y a une légère diminution, et que, avec une forte humidité, il y a un petit accroissement d'énergie. Ces faibles variations suivent donc une marche inverse de celles, très fortes, que l'on remarque dans les piles construites d'après le système ordinaire. J'ai acquis la conviction que la température (dans les limites des variations de notre atmosphère), n'exerce pas d'effet sensible sur les variations des piles ; car j'ai vu que, si dans la saison d'hiver (avec des vents du nord qui, chez nous, rendent l'air très sec), on observait une très petite diminution d'intensité dans les piles, ces dernières restaient dans les mêmes conditions qu'avant, lorsqu'on venait à élever la température en chauffant la salle.

Si l'on considère que les changements en plus ou en moins, dans le courant d'une année, se réduisent à une variation de deux degrés de l'électroscope bifilaire, sur une déviation de 40 degrés, on peut, je crois, donner à ces piles le nom de piles à *force constante :* elles conservent celle-ci, pendant un temps infiniment plus long que les piles hydro-électriques de Hankel et de sir W. Thomson.

J'attribue à ce fait une grande importance, car non seulement il permet de donner aux électroscopes une grande simplicité et une grande constance jointes à de la sensibilité, mais encore grâce à lui j'ai pu perfectionner mon diagomètre, plus sensible que celui de Rousseau, et qui avait, comme cet instrument, les défauts inhérents aux piles sèches ; ajoutons à ceci la facilité, dans les essais électrostatiques, de pouvoir charger mille fois de suite un conducteur donné, à un même potentiel.

Dans le premier volume des *Annales de l'Observatoire* du Vésuve, publié par Detkten en 1859, je décrivis une pile (cuivre, zinc, eau distillée, avec isolement minutieux de tous les couples) qui devait servir à la comparaison des électromètres. Mettant un des pôles de cette pile, montée quelques heures avant, en communication avec l'électromètre et l'autre pôle à la terre, on obtenait une déviation de l'index qui restait constante pendant plusieurs jours, mais diminuait peu à peu. Pour moi qui ne voulais employer cette pile que pour comparer les électromètres, il suffisait qu'elle restât constante pendant une journée : mais je ne sais comment avec des piles semblables, employées par Hankel et d'autres physiciens, on pouvait obtenir, pendant un laps de temps considérable, la constance que l'on recherche. Je crois, par suite, que les piles sèches, délivrées du grave inconvénient indiqué plus haut, peuvent aider à simplifier et peut-être même à perfectionner des électromètres en usage.

Quoi qu'il en soit, l'électroscope de Bohnenberger devient, avec la modification précitée, un instrument précieux pour des recherches déli-

cates, si l'on a soin surtout d'isoler la feuille d'or avec le mastic nommé « pécite », qui m'a tant aidé à éviter les pertes dans l'électromètre bifilaire.

Si l'on ajoute à l'appareil un condensateur, on aura un moyen simple, sûr et d'une extrême délicatesse, d'étudier des signes presque imperceptibles d'électricité.

Il convient d'avertir les constructeurs, qu'il faut éviter le contact entre les éléments de la pile et les lacets de soie qui servent généralement à les maintenir (bien que l'on puisse s'en passer), les trois cordonnets extérieurs suffisant à cet emploi [1]. Une condition absolument indispensable est que les lacets soient en soie pure, ce que mon diagomètre peut prouver d'une façon aussi sûre que rapide.

Les cordons de soie pure, secs, longs d'environ un décimètre, isolent complètement, même avec les fortes tensions, et c'est une erreur que de conseiller de recouvrir ces lacets avec de la gommelaque ou toute autre matière isolante, la soie sèche étant bien préférable. Pour éviter que les cordonnets ne s'imbibent d'humidité, on pourrait employer de l'huile d'olive de première qualité; mais, comme au bout d'un certain temps celle-ci devient rance et bon conducteur, il vaut mieux, dans les cas exceptionnels, dessécher les cordons de soie, en les plaçant devant le feu ou en les mettant dans une petite étuve chauffée avec une lampe à alcool.

De tout ceci, je crois pouvoir conclure :

1° Que les piles sèches doivent être considérées non seulement comme étant d'une longue durée, mais comme étant les plus constantes;

2° Que leurs grandes variations sont dues à des pertes;

3° Que ces pertes sont indépendantes de l'humidité et de la température de l'air ambiant, au moins dans les limites précédemment indiquées, et ne s'opèrent qu'avec une couche d'eau, en quelque sorte, imperceptible, qui se dépose sur les parois de l'enveloppe solide qui contient la pile;

4° Que la pile entourée d'une couche d'air, conserve, pendant des années et des années, la presque totalité de sa force, qui non seulement n'est pas diminuée par l'humidité du milieu ambiant, mais se trouve plutôt légèrement accrue;

5° Enfin, que ces piles, dégagées des pertes ordinaires, non seulement améliorent notablement les électroscopes, mais peuvent simplifier et perfectionner certains électromètres modernes, qui, malgré l'emploi (peu commode) de l'acide sulfurique, ne sont pas à l'abri de pertes qui sont une cause d'erreur et d'incertitude dans les mesures.

L. Palmieri

(1) Voir, pour les détails de construction, *La Lumière Électrique* du 10 octobre 1885.

NOTE SUR

LES BOBINES D'INDUCTION

OU LES

TRANSFORMATEURS [1]

Nous considérons, dans cette note, les transformateurs dans lesquels le noyau de fer forme un circuit magnétique continu, de section uniforme [2].

Soit A la section du noyau;

m et n, les nombres de tours de fil des bobines primaires et secondaires;

R, r, et ρ les résistances de ces bobines, et celle du circuit extérieur à la bobine secondaire;

x, y l'intensité des courants dans les deux circuits;

I l'induction par unité de surface dans le noyau;

H la force magnétique (rapportée à l'unité de longueur).

l la longueur moyenne du circuit magnétique;

(1) Les deux notes que l'auteur a bien voulu nous transmettre, font l'objet d'une communication remise le 17 février 1887 à la *Royal Society de Londres.*

(2) Pour le cas des transformateurs dans lesquels ce circuit est discontinu (noyaux de fer, par opposition aux anneaux fermés), voir G. Ferraris, *Torino, Accad. Sci. Mem.*, vol. 37, 1885, (*La Lumière Électrique*, vol. XVI, p. 399); Hopkinson « Sur la théorie des courants alternatifs » *Journal Telegr. Engin.* vol, 13, 1884, p. 496.

E la différence de potentiel aux bornes du circuit primaire ; on suppose qu'elle est de la forme :

$$E = E_0 \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right)$$

T étant la période.

On a alors les relations suivantes :

$$(1) \qquad 4\pi(mx + ny) = l\,H$$

$$(2) \qquad E = Rx - mA\frac{dI}{dt}$$

$$(3) \qquad (r+\rho)y - nA\frac{dI}{dt} = 0$$

En combinant les équations (2) et (3) on obtient :

$$(4) \qquad nE = nRx - m(r+\rho)$$

On peut alors éliminer x ou y, entre les équations (1) et (4), on obtient :

$$(5) \qquad x\left\{n^2R + m^2(r+\rho)\right\} = n^2E + \frac{l\,H}{4\pi}m(r+\rho)$$

$$(6) \qquad y\left\{n^2R + m^2(r+\rho)\right\} = -nmE + \frac{l\,H}{4\pi}nR$$

Et de l'équation (3) combinée avec (6) on peut tirer dI/dt :

$$(7)\ A\frac{dI}{dt} = -\frac{(r+\rho)mE}{n^2R + m^2(r+\rho)} + \frac{l\,H\,R(r+\rho)}{4\pi\left\{n^2R + m^2(r+\rho)\right\}}$$

Il est avantageux, pour les usages de la pratique, de faire une première approximation, en négligeant $l\,H$ devant $4\pi m x$, ce qui revient à supposer que la perméabilité a une valeur élevée ; nous aurons alors :

$$(8) \qquad A\frac{dI}{dt} = -\frac{(r+\rho)mE_0\sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)}{n^2R + m^2(r+\rho)}$$

équation immédiatement intégrable, et qui donne :

$$(9 \qquad AI = \frac{T}{2\pi}\frac{(r+\rho)mE_0\cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)}{n^2R + m^2(r+\rho)}$$

Ces équations suffisent parfaitement pour la pratique.

On voit, en premier lieu, que dans cette hypothèse, l'effet du transformateur revient à diminuer le potentiel donné E dans le rapport de n à m, et à ajouter à la résistance extérieure ρ du circuit secondaire, une quantité égale à

$$\frac{n^2R}{m^2} + r$$

Elles nous permettent aussi de calculer les variations de potentiel produites par une variation du nombre des lampes en circuit.

La phase du courant secondaire est exactement opposée à celle du courant primaire.

Lorsque l'on voudrait projeter un transformateur, il faut se rappeler, en employant l'équation (9), que l'induction I doit être assez faible pour qu'on puisse négliger le terme $l\,H$.

La plus grande valeur de I est :

$$\frac{E_0}{\frac{2\pi}{T}mA}$$

et elle ne doit pas excéder une certaine limite adoptée d'avance.

Nous pouvons observer que E_0 varie comme le nombre des inversions du courant primaire, par unité de temps.

Mais cette première approximation, quoique suffisante pour la pratique, ne nous donne aucune indication sur la marche du transformateur, dans le cas ou on le fait travailler dans des conditions telles que le fer soit presque saturé ; ni sur la perte continue d'énergie qui a lieu par suite des renversements du magnétisme dans les noyaux de fer.

On peut facilement estimer cette perte, en se rapportant aux résultats obtenus par Ewing, lorsque l'on connaît la valeur extrême de I ; mais il est préférable de procéder à une seconde approximation, et de chercher en quoi les propriétés du fer affectent les valeurs de x et de y et leurs phases.

Dans cette seconde approximation, nous substituerons dans les équations (5) (6) et (7), les valeurs de H correspondant aux valeurs de I fournies par la première approximation, ou par l'équation (9).

Dans le diagramme ci-joint, (fig. 1) les valeurs de H sont portées sur l'axe Ox ; celles de I sur l'axe Oy, et enfin les temps t sont portés sur l'axe Oz.

La courbe A B C D représente la relation supposée connue de I et de H ; E F G, l'induction en

fonction du temps : au moyen de ces deux courbes, on déduit la courbe H I K, qui donne la relation entre la force magnétique H et le temps t.

Nous pouvons alors substituer les valeurs de H

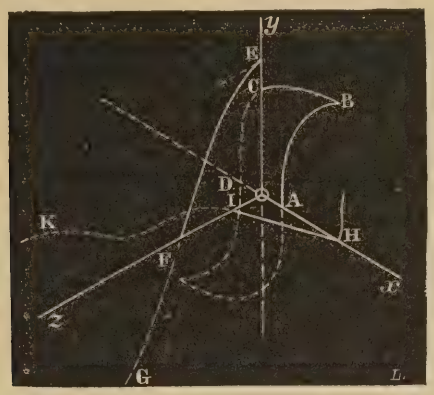


Fig. 1

ainsi obtenues dans les équations (5) et (6) et obtenir enfin les valeurs de x et de y avec une approximation d'un degré plus élevé.

Si les valeurs de H étaient exprimées en fonction du temps d'après la série de Fourrier, nous trouverions que l'action du noyau de fer se traduit par l'adjonction dans la valeur de x et de y, de termes en sinus $(2\pi t/T)$, ainsi que de termes en sinus et cosinus des multiples de cet arc, au terme en cos $(2\pi t/T)$ qu'on obtiendrait si I et H étaient simplement proportionnels.

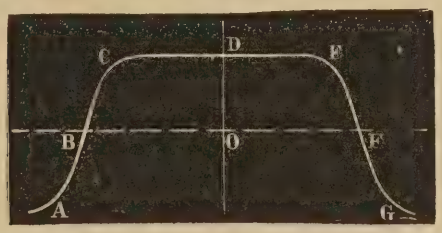


Fig. 2

La perte d'énergie due à l'hystéresis, est précisément exprimée par le terme en sin $(2\pi t/T)$.

Il convient de noter un cas, dans lequel on commettrait une erreur complète, si on partait simplement de la première approximation.

Si nous voulions, par exemple, déterminer la plus grande valeur possible de I, en soumettant le transformateur à un courant primaire intense, et en mesurant le carré moyen du potentiel correspondant dans le circuit secondaire, et cela au moyen d'un électomètre, d'un électro-calorimètre, ou par tel autre moyen semblable ; dans ce cas alors, la relation entre l'induction et le temps serait une fonction semblable à celle indiquée par la courbe A B C D E F G de la figure 2. Supposons pour plus de simplicité que cette relation soit celle indiquée figure 3 ; la force électromotrice qui en résultera dans le circuit secondaire sera alors représentée en fonction du temps par la ligne pointillée H I J K O L M N P Q.

Le carré moyen observé sera proportionnel à $ML \times \sqrt{LP}$; mais $ML \times LP$ est proportionnel à E L, et par suite, le potentiel observé variera inversement à $\sqrt{LP}$, quoique l'induction maximum reste constante.

Si donc, on avait déduit l'induction maximum, en supposant que l'induction est une fonction

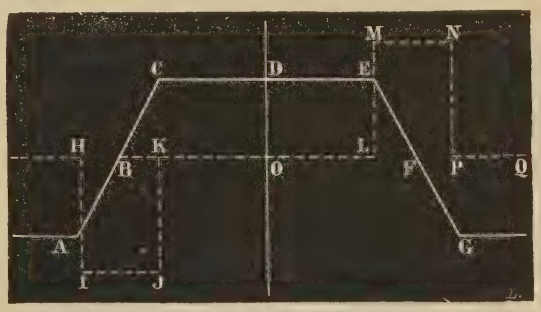


Fig. 3

harmonique simple du temps, on pourrait obtenir facilement des résultats beaucoup plus élevés que leur valeur réelle.

NOTE SUR LA THÉORIE

DES

MACHINES A COURANTS ALTERNATIFS

D'après la théorie admise des machines à courant alternatif, l'équation du courant électrique dans l'induit est :

$$L\frac{dy}{dt} + Ry = \varphi(t)$$

(1) Voir « Théorie des courants alternatifs » *Journa Telegraph Engin.* Vol. 13, 1884, p. 496.

φ (t) indiquant une fonction périodique du temps, R la résistance de l'induit, et y l'intensité du courant.

Dans cette équation, L est un coefficient constant de self-induction.

Cette relation n'est pas rigoureusement exacte, par le fait que L n'est pas, en général, une constante, on ne doit donc la considérer que comme une première approximation.

Le but de ce travail est d'indiquer comment on peut calculer les valeurs de L, et la fonction périodique qui représente la force électromotrice, en partant des dimensions de la machine en question.

Pour fixer les idées, nous supposerons que la machine considérée ait une série de noyaux d'électros, placés parallèlement à l'axe de rotation; que la section de ces noyaux soit uniforme, et, en outre, que les bobines de l'induit soient également pourvues de noyaux de fer, en sorte qu'on puisse supposer que le flux entier d'induction passe, soit à travers une bobine de l'induit, soit entre les pôles adjacents, et entièrement en dehors de l'induit.

Le schéma, figure 4, indique le développement de la machine considérée. On suppose que le fer des noyaux soit disposé de telle sorte, que l'on puisse négliger l'action des courants induits dans leur masse.

Nous supposerons de plus, en vue de la simplicité, que la force magnétique totale correspondant aux noyaux de l'induit puisse être négligée.

Soient :

A_1 l'aire effective de l'espace compris entre la pièce polaire et le noyau de la bobine de l'induit, quand ils sont en regard, et l_1 l'entrefer;

A_2 la section des noyaux des électros, l_2 la longueur effective d'une paire de ces noyaux; l_2 peut être regardé comme la longueur moyenne des lignes de force, mesurée d'une face polaire à l'autre;

m le nombre de tours de fil sur une paire de noyaux d'électros;

n le nombre de tours de fil d'une bobine de l'induit.

T la période.

Le temps se mesure, à partir du moment où la bobine de l'induit considérée, est dans une position symétrique, dans un champ que nous regardons comme positif.

Soient de plus, x et y les intensités des courants dans les électros et dans l'induit, la direction positive étant celle qui donne lieu au champ positif, au temps zéro.

Au temps t, la bobine considérée de l'induit, a une partie de sa surface comprise dans un champ positif, et l'autre dans le champ négatif qui le suit; ces deux parties sont respectivement :

$$A_1' = b_0 + b_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + b_2 \cos\left(\frac{4\pi t}{T}\right) + \ldots$$

$$A_1'' = b_0 - b_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + b_2 \cos\left(\frac{4\pi t}{T}\right) - \ldots$$

les coefficients b étant reliées par les équations :

$$b_0 + b_1 + b_2 + \ldots = A_1$$
$$b_0 - b_1 + b_2 - \ldots = 0$$

On peut calculer ces coefficients, au moyen du

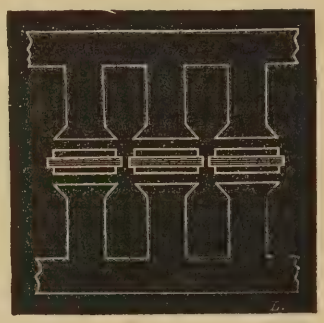


Fig. 4

théorème de Fourrier, d'après les dimensions et la disposition de la machine considérée.

Soit F le flux total d'induction dans les noyaux des électros, et supposons qu'au temps t, l'induction F se divise en trois parties, F' dans la section A'_1, F'' dans la surface complémentaire A_1'' et enfin un flux perdu F''', entre les pôles voisins.

L'intégrale de la force magnétique d'un pôle à un pôle adjacent est F'''/K, où K est une constante.

Nous devons en premier lieu déterminer F'F''F''' en fonction des intensités x et y.

Effectuons l'intégrale de la force magnétique le long du circuit magnétique complet, et cela en suivant trois directions différentes : à travers l'aire A_1', à travers l'aire A_1'' et enfin, entre les deux pôles adjacents.

On obtient ainsi les relations :

$$l_2 f\left(\frac{F}{A_2}\right) + 2\, l_1 \frac{F'}{A_1'} = 4\pi m x + 4\pi n y$$

$$l_2 f\left(\frac{F}{A_2}\right) + 2\, l_1 \frac{F''}{A_1''} = 4\pi m x - 4\pi n y$$

$$l_2 f\left(\frac{F}{A_2}\right) + \frac{F'''}{K} = 4\pi m x$$

En additionnant ces équations, on obtient :

$$F = F' + F'' + F''' = \left(\frac{A_1' + A_1''}{2\, l_1} + K\right)$$

$$\left\{4\pi m x - l_2 f\frac{F}{A_2}\right\} + \frac{A_1' - A_1''}{2\, l_1} 4\pi n y$$

Lorsque t, x et y sont donnés, cette équation permettra de déterminer F, en supposant connu la fonction f qui représente les propriétés du fer des électros.

Considérons deux cas limites, entre lesquels sont compris tous les autres cas possibles.

Premier cas. — Supposons que l'intensité de l'induction dans les noyaux des électros soit faible, en sorte qu'on puisse négliger le terme,

$$l_2 f\left(\frac{F}{A_2}\right)$$

cela suppose que le fer est très loin de la saturation.

Nous aurons alors :

$$F' - F'' = \frac{4\pi}{2\, l_1}\left\{m\,(A'_1 - A''_1)\,x + n\,(A_1' + A_1'')\,y\right\}$$

ou

$$F' - F'' = \frac{4\pi}{l_1}\left\{m\,(b_1 \cos\frac{2\pi t}{T} + b_3 \cos\frac{6\pi t}{T} + \ldots)x + n\left(b_0 + b_2 \cos\frac{4\pi t}{T} + \ldots\right) y\right\}$$

De là, nous voyons que le coefficient de self-induction L renferme en général des termes en $\cos 4\pi\, t/T$.

Deuxième cas. — Dans les cas de la pratique, il sera plus exact de supposer que le courant d'excitation x est assez fort pour que le flux total d'induction F puisse être regardé comme une constante, et le terme $l_2 f(F/A_2)$ sera par conséquent important.

Mais, comme de faibles variations de F impliquent de grandes variations correspondantes de $l_2 f(F/A_2)$, la valeur de ce dernier terme ne peut par conséquent pas être regardée comme constante, et connue ; nous avons alors :

$$2\, l_1 \frac{F'}{A'_1} = \frac{2\, l_1}{A_1' + A_1'' + 2\,K l_1}\left(F - \frac{A_1' - A_1''}{2\, l_1} 4\pi m y\right) + 4\pi m y$$

$$2\, l_1 \frac{F''}{A''_1} = \frac{2\, l_1}{A_1' + A_1'' + 2\,K l_1}\left(F - \frac{A_1' - A_1''}{2\, l_1} 4\pi m y\right) - 4\pi n y$$

D'où l'on déduit :

$$F' - F'' = \frac{(A_1' - A_1'')F}{A_1' + A_1'' + 2\,K l_1} - \left\{\frac{(A_1' - A_1'')^2}{A_1' + A_1'' + 2\,K l_1} - (A_1' + A_1'')\right\} \times \frac{4\pi n y}{2\, l_1}$$

$$F' - F'' = \frac{(A_1' - A_1'')F}{A_1' + A_1'' + 2\,K l_1} + \frac{4\,A_1'\,A_1'' + 2\,K l_1 (A_1' + A_1'')}{A_1' + A_1'' + 2\,K\, l_1} \times \frac{4\pi n y}{2\, l_1}$$

Comme exemple, on peut considérer le cas le plus simple possible, pour lequel on aurait :

$$b_0 = b_1 = \ldots = \frac{1}{2} A_1$$

et

$$b_2 = b_3 = \ldots\ldots\ldots = 0$$

si nous supposons de plus qu'on puisse négliger $2\,K\, l_1$, nous aurons alors :

$$F' - F'' = F \cos\frac{2\pi t}{T} + A_1 \sin^2\frac{2\pi t}{T}\ \frac{4\pi n y}{2\, l_1}$$

l'équation du courant deviendra :

$$R\, y = n\left\{\frac{2\pi}{T} F \sin\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi n A_1}{l_1}\frac{d}{dt}\left(\sin^2\frac{2\pi t}{T} \times y\right)\right\}$$

cette équation devant être substituée à l'équation linéaire bien connue, donnée en tête de cette note.

J. Hopkinson

APPEL DIRECT

POUR

STATIONS TÉLÉGRAPHIQUES

INTERCALÉES SUR UN MÊME FIL

Cet appareil est dû à M. Amoric, ancien employé de l'administration française des Télégraphes, et actuellement attaché au service télégraphique de la Compagnie Universelle du Canal maritime de Suez.

Il généralise, comme on le verra plus loin, le rappel par inversion de courant d'une manière très simple et très pratique.

Il a pour but de permettre à un poste quelconque d'une ligne desservant plusieurs stations, d'en appeler un autre directement sans déranger aucun des autres postes.

Il indique à tous les postes les parties occupées de la ligne, (ce qui permet d'utiliser les parties qui restent libres).

La manipulation est excessivement simple : le poste appelant produit N contacts pour donner son indicatif, N autres contacts pour désigner et appeler le poste voulu ; la correspondance terminée, il produit un seul contact de courant contraire et tous les appareils de la ligne reviennent à la position de repos.

Il permet aux deux extrémitée de la ligne d'occuper le fil sans déranger les stations intermédiaires.

L'appareil se compose d'un mouvement d'horlogerie dont le barillet K à double denture (fig. 1 et 2) actionne deux mobiles M et M′; le premier de ces mobiles est une roue d'échappement semblable au récepteur à cadran de Bréguet, et le second opère son évolution en 30 secondes environ ; ils sont maintenus à leur position de repos par deux pièces métalliques R *r* et R′ *r*′ fixées sur un arbre H pouvant osciller sur deux vis *x* et *x*′.

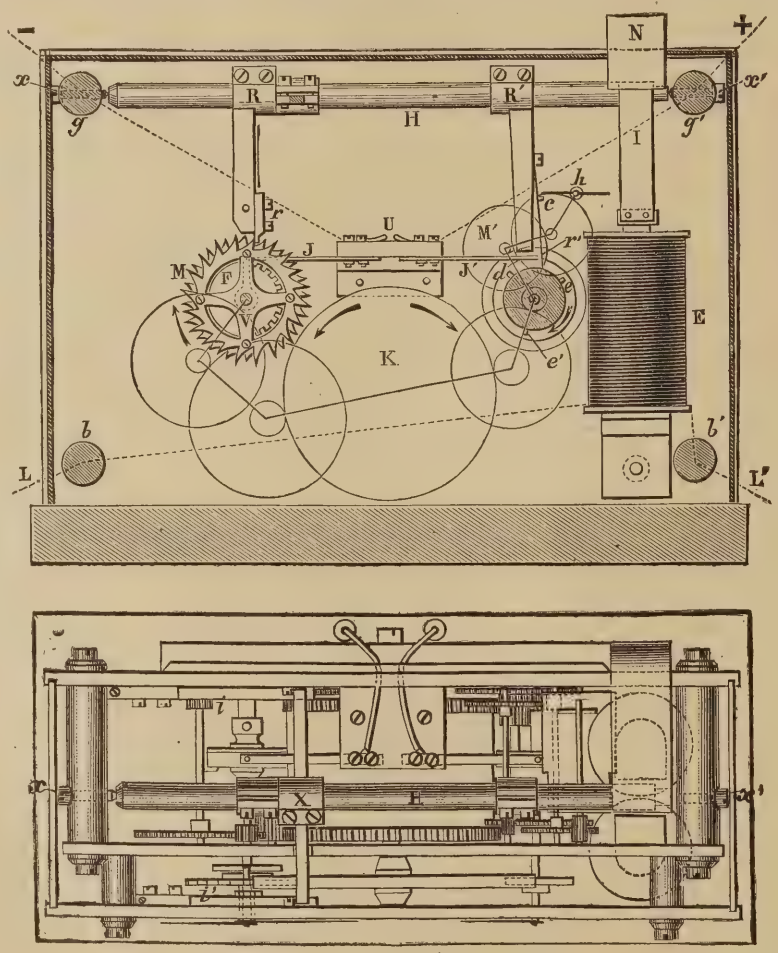


Fig. 1 et 2

Derrière l'appareil se trouve un aimant dont un des pôles N polarise l'armature I d'un électro-aimant E. Cette armature est également fixée sur l'arbre H dont elle commande les oscillations. Elle est maintenue à sa position de repos par deux ressorts *i* et *i*′ au moyen d'une pièce horizontale X fixée à l'arbre H (fig. 2).

Sur l'axe du mobile M une roue en ivoire F porte un nombre de dents égal au nombre de postes à desservir ; entre ces dents vient se fixer un contact métallique porté par la pièce V (indiquée en pointillé fig. 1). Ce contact est placé à la première dent dans le premier poste, à la deuxième dent dans le second poste, à la troisième dans le troisième poste, et ainsi de suite pour tous les postes.

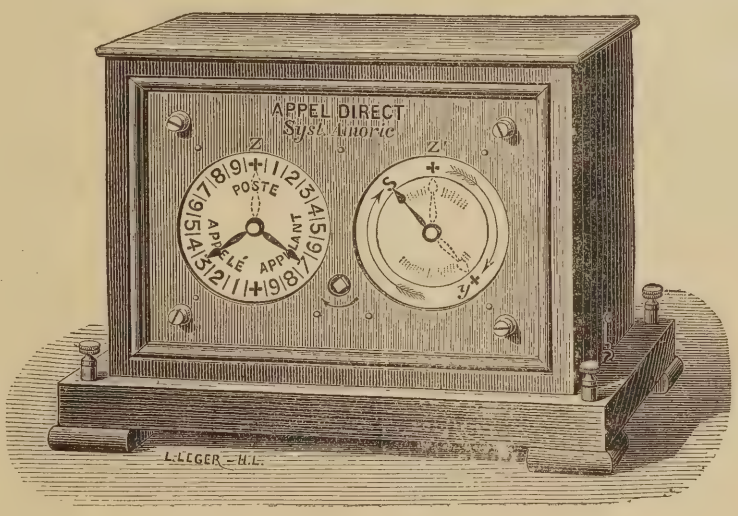
Sur l'axe du mobile M′ une roue également en ivoire F′ porte un contact métallique fixe, en communication avec la masse de l'appareil, destiné à

compléter le circuit d'une pile locale dont les deux pôles sont amenés aux bornes g et g' ; sur le parcours de ce circuit local on intercale une sonnerie à trembleur.

Les goupilles d, e et e' ont pour but de faire prendre au mobile M' les différentes positions qui seront indiquées plus loin ; elles viennent à cet effet butter contre le ressort r' de la pièce R' r' dont la goupille c arrête alors le volant h du mouvement. En U sont fixés sur une pièce en ivoire, deux ressorts J et J' communiquant aux bornes g et g'. Les extrémités de ces ressorts frottent sur les roues en ivoire F et F'.

L'axe du mobile M porte extérieurement deux aiguilles destinées à indiquer sur un cadran Z, l'une, le poste appelant, l'autre le poste appelé.

L'axe du mobile M' porte également une aiguille qui sert à régler sur le cadran Z' la manœuvre des appels.



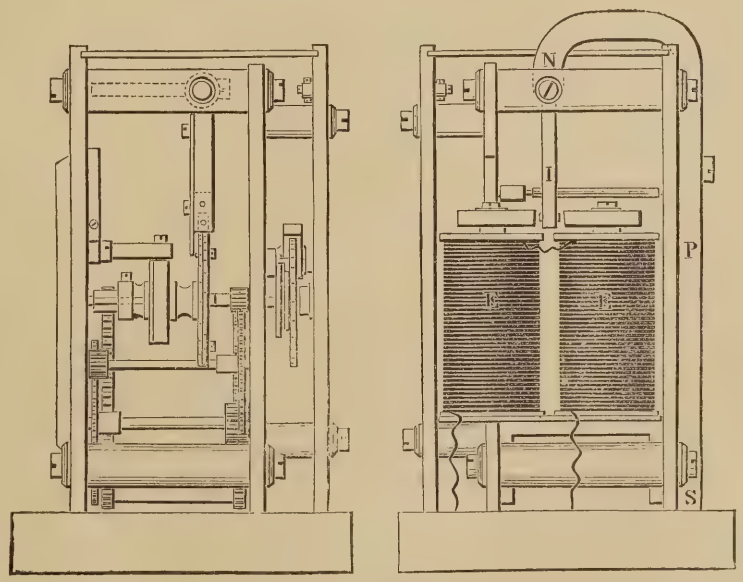


Fig. 3, 4 et 5

Voici comment se fait cette manœuvre : Supposons, par exemple, que le poste 7 veuille appeler le poste 3 (c'est le cas indiqué par la fig. 3) : On fait d'abord 7 contacts avec le manipulateur (quel qu'il soit), les deux aiguilles du cadran Z viennent au chiffre 7 de la première subdivision; cette première série de contacts a pour but d'indiquer le poste appelant. A la première émission de courant le mobile M' a commencé son évolution ; il est arrêté par la goupille e', et l'aiguille du cadran Z' prend la position y. La came z, (fig. 6) a alors soulevé la pièce T basculant en O, et l'extrémité m de cette pièce s'est engagée entre deux dents de la roue f, et maintiendra la première aiguille du cadran Z sur le chiffre 7. On fait alors, sans changer le pôle de la pile, le nombre de contacts nécessaires pour amener l'autre aiguille sur le chiffre 3 de la seconde subdivision ; cette aiguille indique le poste appelé, et lorsque l'aiguille du cadran Z', qui s'est remise en marche à la première émission de la seconde série de contacts, sera arrivée à la position S, le circuit de la pile locale sera fermé, mais dans le poste n° 3 seulement.

En effet, dans tous les postes, les aiguilles des deux cadrans ont pris les positions indiquées fig. 3 et 5, et dans tous les postes, la roue en ivoire F', présente son contact métallique sous le ressort J' ; mais dans le poste 3 seulement, comme nous l'avons dit plus haut, la roue F présente son contact sous le ressort J ; ce n'est donc que dans ce poste que le circuit local sera complétement fermé par les deux ressorts J et J' et la masse de l'appareil, et où l'appel

sera entendu. La sonnerie de ce poste fonctionnera jusqu'à ce que l'employé ait répondu. Le poste appelé entre sur la ligne du côté appelant et met à la terre le côté libre en intercalant une résistance approximativement égale à l'autre partie de la ligne.

Par suite d'une disposition spéciale de l'axe du

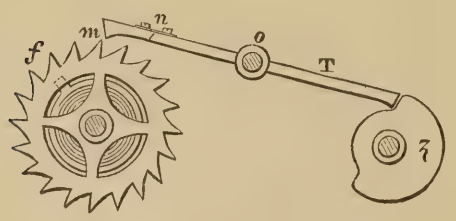


Fig. 6

mobile M' (disposition indiquée fig. 7), lorsque l'appareil se trouve sur position de sonnerie, l'arbre H ne peut osciller que si on renverse le courant, et il ne peut fonctionner sous l'influence d'un courant contraire dans toute autre position que celle de sonnerie. Cette disposition a pour but d'assurer le fonctionnement régulier de l'appareil, malgré les erreurs de contact qui pourraient être commises par les employés.

Pendant l'échange d'une correspondance entre

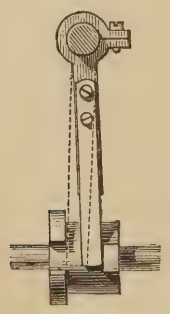


Fig. 7

deux postes, les appareils des postes intermédiaires restent donc sur la position d'appel, ce qui leur indique qu'ils ne doivent pas couper la communication. Lorsque la correspondance est terminée, le poste appelé rétablit la communication, le poste appelant produit alors un seul contact de polarité contraire, et tous les appareils de la ligne reviennent à la croix, de la manière suivante :

L'armature I étant alors attirée en sens inverse, le ressort *i* qui lui sert de point de repos pendant les appels, cède sous la pression et la pièce R *r* abandonne complètement la roue d'échappement et vient butter contre une goupille portée par cette dernière et la ramène au zéro, ainsi que l'aiguille indiquant le poste appelé. En même temps le mobile M', dégagé également par le contact de courant contraire revient à sa position de repos, et la came Z, laissant retomber la pièce T, la roue *f* devient libre, et un spiral ramène l'autre aiguille à la croix. Les appareils de la ligne se trouvent ainsi disposés à recevoir de nouveaux appels.

L'appareil, enfermé dans une boîte en acajou munie d'une glace pour laisser les cadrans visibles, est construit de façon à pouvoir fonctionner directement sous l'influence des courants de ligne

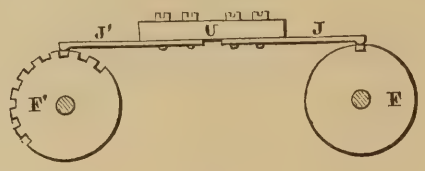


Fig. 8

(on l'intercale alors simplement sur le fil dans chaque poste, en attachant les deux extrémités du fil aux bornes *b* et *b'*). Il peut être également actionné par des courants locaux au moyen de relais mis en ligne, suivant les besoins des différentes installations.

Ainsi qu'on le voit, cet appareil offre de grands avantages, et il peut être appelé à rendre de grands services à la télégraphie, et même à la téléphonie pour les appels directs, suivant les cas.

On peut également l'employer pour éviter la centralisation des dépêches dans les bureaux secondaires, en permettant aux bureaux centraux d'entrer en communication directe avec les bureaux locaux.

Nous pouvons ajouter que la première application de ces appareils sera faite incessamment par la compagnie du Canal de Suez, sur ses lignes.

D. Napoli

RECHERCHES

SUR L'ÉLECTROLYSE[1]

Nous avons vu que pour un électrolyte donné, décomposé par le passage d'un courant, le même élément ou groupe d'éléments se porte toujours vers la même électrode.

Les corps qui sont transportés vers l'électrode positive ou *anode* prennent le nom d'élémens électronégatifs, et ceux qui sont attirés par l'électrode négative ou *cathode*, le nom d'éléments électropositifs.

Pour représenter symboliquement le phénomène, nous dirons que les premiers sont électrisés négativement, alors que les seconds se chargent d'électricité positive.

Lorsqu'on considère plusieurs électrolytes, on constate que, pour un élément fixe, le sens de l'électrisation n'est pas invariable.

C'est ainsi que le soufre est électronégatif, par rapport à l'hydrogène, dans l'*hydrogène sulfuré*, et électropositif, par rapport à l'oxygène, dans l'acide sulfureux.

TABLEAU I

Série électrochimique des corps simples

1	Oxygène.	20	Cuivre.
2	Soufre.	21	Bismuth.
3	Azote.	22	Étain.
4	Fluor.	23	Plomb.
5	Chlore.	24	Cobalt.
6	Brome.	25	Nickel.
7	Iode.	26	Fer
8	Phosphore.	27	Zinc.
9	Arsenic.	28	Manganèse.
10	Chrome.	29	Aluminium.
11	Bore.	29 *bis*	Ammonium
12	Carbone..	30	Magnésium.
13	Antimoine.	31	Calcium..
14	Silicium.	32	Baryum.
15	Hydrogène.	32 *bis*	Strontium.
16	Or.	33	Lithium.
17	Platine.	34	Sodium.
18	Mercure.	35	Potassium.
19	Argent.		

Le tableau I comprend la série électrochimique des corps, disposés de telle façon que chacun d'eux est électronégatif, par rapport à ceux qui le suivent.

On remarque que l'hydrogène et les métaux sont électropositifs, par rapport aux métalloïdes (C*l*, B*r*, I, etc.) ou groupes métalloïdiques (CO^3, SO^4, $Az\,O^6$, etc.).

L'oxygène est toujours électronégatif et le potassium toujours électropositif.

On admettra *que les corps ont une tendance d'autant plus grande à se combiner avec un élément, pris comme terme de comparaison, qu'ils sont, dans la série, plus éloignés de cet élément.*

En chimie, cette puissance d'attraction n'est autre chose que la force d'affinité et la mesure de cette quantité est donnée par les chaleurs de combinaison.

On pourra donc établir *a priori*, si notre hypothèse se vérifie, la série électrochimique des corps en comparant la chaleur de formation de chacun d'eux avec un même élément; on choisira de préférence ce dernier parmi les corps qui occupent une place voisine des extrémités de la série.

L'oxygène qui se trouve au sommet de l'échelle serait tout indiqué.

TABLEAU II

Nos	Noms des composants	Composés			
		Formules	Équivalent	États	Chaleur de formation
			grammes		calories
5	Chlore	H C*l*	36,5	dissous.	39,3
6	Brome	H B*r*	81	»	29,5
7	Iode	H I	128	»	13,2
15	*Hydrogène*	—	—	—	—
5	Chlore	P*h* Cl^3	137,5	liquide.	75,8
6	Brome	P*h* Br^3	271	liquide.	54,6
7	Iode	P*h* I^3	412	solide.	26,7
8	*Phosphore*	—	—	—	—
6	*Brome*	—	—	—	—
8	Phosphore	P*h* Br^3	271	liquide.	54,6
9	Arsenic	A^3 Br^3	315	solide.	59,1
11	Bore	B Br^3	251	liquide.	73,1

Mais il faut remarquer que cette comparaison ne doit s'effectuer que sur des composés semblables, c'est-à-dire des composés comprenant le

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 26 février 1887.

même nombre d'atômes semblablement placés; de plus, les composés considérés doivent se trouver à l'état de dissolution.

D'après Favre, en effet, « les corps à l'état solide ne présentent pas des conditions comparables; on ne connaît pas toujours les quantités variables de chaleur mises en jeu, lorsque le corps se constitue dans tel ou tel système cristallin, ou à des états différents de cohésion, en passant à l'état solide.

« *Tout semble indiquer que les conditions de comparabilité se trouvent remplies, lorsque les corps sont dissous.* »

Suivant cette observation, nous avons préféré prendre comme termes de comparaison pour les métaux, le chlore, le brome et l'iode, au lieu de l'oxygène.

La plupart des sels formés par ces halogènes avec les métaux sont, en effet, de constitution semblable et se présentent à l'état dissous.

TABLEAU III

Chaleur de formation des chlorure, bromure, iodure métalliques à l'état dissous

Numéros	Noms des composants	Proto-chlorures			Proto-bromures			Proto-iodures		
		Formules	Équivalent	Chaleur de formation	Formules	Équivalent	Chaleur de formation	Formules	Équivalent	Chaleur de formation
			grammes	calories		grammes	calories		grammes	calories
15	Hydrogène	H Cl	3 ,5	39,3	H Br	81	29,5	H I	128	13,2
16	Or	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	Platine	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	Mercure	Hg Cl	135,5	29,8	Hg Br	180	26,4(S)	Hg I	227	17 (S)
19	Argent	Ag Cl	143,5	29,2(S)	Ag Br	188	23,7(S	Ag I	236	14,3(S)
20	Cuivre	Cu Cl	67,2	31,3	Cu Br	111,7	21,5	—	—	—
21	Bismuth	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	Étain	Sn Cl	94,5	40,6	Sn Br	139	31,5	—	—	—
23	Plomb	Pb Cl	139	39,2	Pb Br	183,5	29,5	Pb I	230,5	21 (S)
24	Cobalt	Co Cl	65	47,4	—	—	—	—	—	—
25	Nickel	Ni Cl	65	46,8	—	—	—	—	—	—
26	Fer	Fe Cl	63,5	50	—	—	—	—	—	—
27	Zinc	Zn Cl	68	56,4	Zn Br	112,5	46,6	Zn I	159,5	30,3
28	Magnésium	Mn Cl	63	64	—	—	—	—	—	—
29	Aluminium	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29 *bis*	*Ammonium*	Az H⁴ Cl	53,5	72,7	Az H⁴ Br	98	62,9	Az H⁴ I	145	47,1
30	Magnésium	Mg Cl	47,5	93,5	—	—	—	—	—	—
31	Calcium	Ca Cl	55,5	93,8	Ca Br	100	84	Ca I	147	67,7
32	Bargum	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32 *b's*	*Strontium*	Sr Cl	79,3	97,8	Sr Br	123	88	—	—	—
33	Lithium	Li Cl	42,5	101,9	—	—	—	—	—	—
34	Sodium	Na Cl	58,5	96,2	Na Br	103	86,4	Na I	150	70,1
35	Potassium	K Cl	74,6	100,8	K Br	119,1	91	K I	166,1	74,7

Le tableau III comprend les chaleurs de formation des principaux proto-chlorures, proto-bromures et proto-iodures métalliques.

On remarque que la chaleur de formation de ces composés va en augmentant à mesure que l'élément considéré s'éloigne, dans la série électrochimique, du corps pris comme terme de comparaison, à quelques petites exceptions près.

On constate toutefois une anomalie assez marquée dans les chaleurs de formation des composés hydrogènes rapportées à celles des composés du mercure, de l'argent et du cuivre ; les premières sont plus grandes que les secondes, alors qu'elles devraient être plus faibles, si l'hydrogène était réellement plus électro-négatif que ces métaux.

Cependant les nombres qui représentent les chaleurs de formation des composés compris dans le tableau III doivent être considérés comme exacts, ayant été déterminés à diverses reprises par plusieurs expérimentateurs ; ce sont ceux qu'a adoptés M. Berthelot dans *sa Mécanique chimique*.

Et de fait, la chaleur de formation des composés hydrogenés doit être supérieure à celle des

composés qui renferment comme éléments électro-positifs le mercure, le plomb ou le cuivre, puisque l'hydrogène déplace ces métaux dans la plupart de leurs composés.

Dans la série électro-chimique, l'hydrogène devrait être placé entre le plomb et le cobalt.

Nous verrons que dans l'électrolyse du mélange d'un sel et d'un acide (composé hydrogéné) l'hydrogène apparait à la cathode avant ou après le métal qui entre dans la base du sel, suivant les conditions mêmes de l'expérience.

Dans le cas d'un mélange, on ne doit pas tenir seulement compte des chaleurs de formation, pour déterminer le sens de l'électrisation d'un des éléments par rapport aux autres, mais aussi de leur état réciproque de *dilution*.

La chaleur de formation des composés du lithium étant plus grande que celle des composés du potassium, c'est le lithium qui, suivant notre principe, peut être considéré comme étant le plus électro positif des métaux.

Pour ce qui concerne le classement des métalloïdes, nous avons dû procéder par des comparaisons partielles.

Si l'on examine le tableau II; on constate que dans la première série, les composés hydrogénés du chlore du brome et de l'iode présentent des chaleurs de formation de plus en plus grandes, à mesure que l'élément considéré s'éloigne de l'hydrogène dans la série.

Même observation pour les composés phosphorés de cet élément.

Enfin, les composés bromés du phosphore, de l'arsenic et du bore dégagent dans leur formation des quantités de chaleur conformes à la proposition que nous avons énoncée.

Des Constantes thermiques et de leur emploi dans la détermination de la force électromotrice des piles à deux liquides.

Lorsque nous nous sommes occupé des lois relatives à la force électromotrice, nous avons vu combien il était important de connaître avec un grand degré de précision la chaleur de formation des composés chimiques, qu'il s'agisse de déterminer la force électromotrice minimum nécessaire à la décomposition d'un électrolyte donné, ou de fixer la réaction chimique d'après la force électromotrice mesurée.

La valeur de cette force électromotrice est donnée par la formule générale

$$E = 0{,}04355\,[C - C_1] \tag{1}$$

qu'on peut mettre sous cette forme:

$$E = \frac{(C - C_1)}{23{,}96} \tag{2}$$

C représente les quantités de chaleur positives correspondant à des masses représentées par les équivalents des corps constituants, exprimés en grammes;

C_1 les quantités de chaleur négatives.

C, C_1 sont exprimés en grandes calories lorsqu'on adopte le volt pour unité de force électromotrice.

Favre avait remarqué combien la considération des équivalents chimiques apporte de lumière dans la discution des phénomènes physiques; le premier il rapporta la chaleur de formation des composés à des masses proportionnelles aux équivalents chimiques des corps constituants.

Il appela *équivalents caloriques* les quantités de chaleur développées dans la combinaison des corps entrant avec des masses égales à leurs équivalents exprimés en grammes.

Le terme $(C - C_1)$ des expressions (1) et (2) n'est autre chose que la somme des équivalents caloriques produits par le passage à travers l'électrolyte d'une quantité d'électricité égale à 96512 coulombs.

Le terme $(C - C_1)$ variant avec chaque électrolyte, il était intéressant de chercher une méthode qui permette de le calculer, dans tous les cas qui se présentent, et d'éviter ainsi le recours aux tables des chaleurs de combinaison, qu'on ne trouve, du reste, que dans les livres spéciaux traitant de la thermochimie.

C'est en voulant résoudre ce problème que Favre avait trouvé la loi dite des *modules des radicaux acides*.

Mais ce savant ne put vérifier cette loi que sur un petit nombre de composés.

M. D. Tommasi, en comparant entre elles les chaleurs de formation d'un plus grand nombre de composés, arrive à l'expression de la loi suivante :

Lorsqu'un métal se substitue à un autre, dans

une solution saline, le nombre des calories dégagées est toujours le même pour chaque métal, quelle que soit la nature du radical acide qui fait partie du sel.

Le zinc, par exemple, en se substituant au cuivre, dans le sulfate de cuivre dégage 25,3 calories; or, la substitution du zinc au cuivre dans n'importe quel autre composé cuivrique soluble dégagera toujours cette même quantité de chaleur.

TABLEAU IV

Constantes thermiques des principaux métaux (H O = 9)
d'après M. D. Tommasi

Nom du métal	Formule du chlorure	Constante thermique
Lithium	$Li\,Cl$	— 1,1
Potassium	$K\,Cl$	0
Strontium	$Sr\,Cl$	3
Sodium	$Na\,Cl$	4,6
Calcium	$Ca\,Cl$	7
Magnésium	$Mg\,Cl$	7,3
Ammonium	$Az\,H^4\,Cl$	28,1
Aluminium	$Al^2\,Cl^3$	21,7 × 3
Manganèse	$Mn\,Cl$	36,8
Étain (proto)	$Sn\,Cl$	60,2
Étain (bi)	$Sn\,Cl^2$	22,1
Zinc	$Zn\,Cl$	44,4
Cadmium	$Cd\,Cl$	52,7
Fer (proto)	$Fe\,Cl$	50,8
Fer (per)	$Fe^2\,Cl^3$	58,2 × 3
Nickel	$Ni\,Cl$	54
Cobalt	$Co\,Cl$	53,4
Plomb	$Pb\,Cl$	61,6
Thallium	$Th\,Cl$	62,3
Baryum	$Ba\,Cl$	68,1
Cuivre (bi)	$Cu\,Cl$	69,5
Argent (solide)	$Ag\,Cl$	71,4
Mercure (bi)	$Hg\,Cl$	71
Or (per)	$Au^2\,Cl^3$	73,5

M. D. Tommasi donne un très grand nombre d'exemples relatifs à la vérification de cette loi et constate que les chaleurs de formation des chromates, bichromates, glycolates, formiates, acétates, sulfates, etc., etc. fournies par l'expérience sont très concordantes avec celles que l'on trouve par le calcul.

Il appelle *constante thermique* d'un métal, la différence entre sa chaleur de combinaison avec un radical acide quelconque, et la chaleur de combinaison d'un métal fixe et déterminé avec le même radical.

Il choisit comme terme de comparaison un se de potassium.

Il suffira donc, pour calculer, *a priori*, l'équivalent calorique d'un composé chimique quelconque, *à fonction saline*, de tracer deux tableaux.

Le premier comprendra la chaleur de formation des composés du potassium; si l'on prend ce métal comme base du système, le second, les constantes thermiques des métaux.

Le tabl au IV donne les constantes thermiques des métaux les plus usuels, tirées de l'équivalent caloriques de leurs chlorures; le tableau V, le chaleurs de formation de quelques sels de potassium.

TABLEAU V

Chaleur de formation des principaux sels de potassium

Nom du composé	Formule	Chaleur de formation
Chlorure	K, Cl	100.
Fluorure	K, Fl	91.4
Bromure	K, Br	91
Iodure	K, I	74,7
Cyanure	K, Cy	64,7
Sulfocyanate	$KS, Cy\,S$	81,7
Sulfure	$K\,S$	56.3
Nitrate	$K, Az\,O^6$	96 1
Sulfate	$K, S\,O^4$	98,0
Hyposulfite	$K, S^2\,O^3$	95,7
Chlorate	$K, Cl\,O^6$	84 6
Bromate	$K, Br\,O^6$	77,8
Carbonate	$K, C\,O^3$	92,4
Formiate	$K, C^2\,H\,O^4$	95,7
Acétate	$K, C^4\,H^3\,O^4$	95,6
Chromate	$K, C\,O^4$	94,6
Bichromate	$K\,H\,2\,Cr\,O^4$	95,7

Exemple : On donne à déterminer la chaleur de formation d'un composé AM. Soient :

A, le radical acide du sel;
M, le métal qui entre dans sa constitution et dont la constante thermique est θ.
Δ, l'équivalent calorique du sel de potassium AK; de même radical acide par conséquent.

D'après la loi énoncée plus haut, nous pouvons écrire, pour l'expression de l'équivalent calorique C cherché du sel AM :

(3) $C = (\Delta -$

Le tableau VI comprend les équivalents caloriques de quelques azotates, sulfates, carbonates et formiates, à bases différentes. Il suffit de l'examiner pour voir que les chaleurs de formation de ces sels mesurées directement sont presque identiques en général à celles déterminées par le calcul, d'après l'expression (3), les termes Δ et θ étant tirés des tableaux IV et V.

TABLEAU VI

Composés	Formules	Équival.	Chaleur de formation (état dissous) Mesurée	Calculée
Azotates de :				
Potassium.....	$K, Az\,O^6$....	101,1	96,1	base.
Sodium	$Na, Az\,O^6$...	85	91,4	91,5
Ammonium....	$Az\,H^4, Az\,O^6$	80	67,7	68
Strontium.....	$Sr, Az\,O^6$ ..	105,8	93	93,1
Calcium.....	$Ca, Az\,O^6$...	82	89	89
Plomb.....	$Pb, Az\,O^6$...	1,65	34,4	34,5
Sulfates de :				
Potassium.....	$K, S\,O^4$.....	87,1	98	base.
Sodium	Na, SO^4.....	71	93,5	93,4
Ammonium....	$Az\,H^4, S\,O^4$.	66	69	69,9
Calcium.....	$Ca, S\,O^4$....	68	90,7	91
Magnésium.....	$Mg, S\,O^4$....	60	90,5	90,7
Manganèse.....	$Mn\,S\,O^4$....	75,7	61,2	60,9
Zinc.....	$Zn, S\,O^4$....	80,5	53,5	53,6
Cuivre	$Cu, S\,O^4$....	79,7	28,2	28,5
Carbonates de :				
Potassium.....	$K\,C\,O^3$.....	59,1	92,4	base.
Sodium	$Na, C\,O^3$....	53	87,8	87,8
Formiates de :				
Potassium.....	$K, C^2\,H\,O^4$..	84,1	95,7	base.
Sodium	$Na, C^2\,H\,O^4$.	68	91,1	91
Ammonium....	AzH^4, C^2HO^4	63	67,1	67,6
Calcium.....	$Ca, C^2\,H\,O^4$.	65	88,6	88,7
Strontium	$Sr, C^2\,H\,O^4$.	88,8	92,6	92,7
Manganèse.....	$Mn\,C^2\,H\,O^4$.	72,5	58,1	58,9
Zinc.....	$Zn\,C^2\,H\,O^4$.	77,5	48,4	49,3
Plomb.....	$Pb, C^2\,H\,O^4$.	148,5	33,3	34,1
Cuivre	$Cu, C^2\,H\,O^4$.	76,7	26	26,2

Détermination de la force électromotrice des piles à deux liquides, au moyen des constantes thermiques.

Le calcul qui détermine la force électromotrice minimum correspondant à un électrolyte donné est identique à celui qui fixe la force électromotrice des piles dont les éléments sont formés de sels en dissolution.

On peut se servir avec avantage pour cette détermination des constantes thermiques des métaux qui constituent la base de ces sels.

Nous allons examiner successivement les transformations que subit la formule générale (2), pour les deux cas principaux se rapportant aux piles à deux liquides.

1° *Les sels en dissolutions sont formés d'acides et de bases différents.* — Remplaçons dans l'expression (2) les quantités $C\,C_1$ par leur valeur tirée de l'équation (3).

Nous avons successivement

$$C = \Delta - \theta$$

(4)

$$C_1 = (\Delta_1 - \theta_1)$$

d'où pour la valeur de la force électromotrice cherchée :

$$E = \frac{(\Delta - \theta) - (\Delta_1 - \theta_1)}{23,96} \quad (5)$$

ou encore

$$E = \frac{(\Delta - \Delta_1) + (\theta_1 - \theta)}{23,96} \quad (6)$$

Au moyen de deux tables comprenant l'une les constantes thermiques de 30 métaux les plus usuels, l'autre, les chaleurs de formation de 50 sels potassiques, on pourrait donc calculer avec les formules (4) 1500 équivalents caloriques.

En supposant que les résultats obtenus ne soient pas d'une extrême rigueur, ils n'en donneraient pas moins des indications précieuses dans l'étude des réactions chimiques capables de produire les plus grandes forces électromotrices.

2° *Les sels en dissolution ont le même radical acide.* — L'expression (6) devient évidemment

$$E = \frac{\theta_1 - \theta}{23,96} \quad (7)$$

pour $\Delta = \Delta_1$ d'après cette proposition.

Pour ce cas particulier, M. D. Tommasi fait le remarques suivantes :

α) Lorsqu'une pile est formée par deux métaux plongeant chacun séparément dans la solution de leurs propres sels et que les sels ont le même acide, la force électromotrice de ce couple est égale à la différence des contantes thermiques de ces métaux divisés par l'équivalent calorique du volt.

β) Des deux métaux, celui dont la constante thermique est la plus faible constitue le pôle négatif de l'élément et est aussi celui qui se dissout, tandis que l'autre constitue le pôle positif et s'accroît par le dépôt résultant de la décomposition de son sel.

γ) La force électromotrice de toute pile formée de deux métaux demeure constante, quel que soit l'acide ou le corps halogène commun de leurs sels.

Nous donnerons, pour terminer, quelques exemples relatifs aux calculs de force électromotrice des piles-étalons les plus généralement employées et qui entrent dans la catégorie désignée par la proposition 2.

Pile Daniell

Zinc — Sulfate de zinc
Cuivre — Sulfate de cuivre

		volts
Force électromotrice.....	mesurée.	1,079
	calculée.	1,093

Pile au cadmium

Zinc — Sulfate de zinc
Cadmium — Sulfate de cadmium

		volt
Force électromotrice.....	mesurée.	0,366
	calculée.	0,361

Pile au chlorure d'argent

Zinc — Chlorure de zinc
Argent — Chlorure d'argent

		volts
Force électromotrice.....	mesurée..	1,07
	calculée..	1,17

La détermination de ces forces électromotrices par le calcul a été faite au moyen de l'expression (7), les valeurs de θ, θ_1 pour chaque couple étant tirées du tableau IV.

Les nombres qui donnent la force électromotrice des deux premières piles sont assez concordants. Il n'en est pas de même pour la pile au chlorure d'argent, ou l'écart entre les deux chiffres atteint presque 10 o/o. Il faut remarquer, toutefois, que, pour cet élément, les chaleurs de formation dn chlorure d'argent sont prises à l'état solide.

Or, nous avons observé qu'il était indispensable, pour obtenir des résultats précis, de ne comparer que des sels dont l'équivalent calorique se rapportait à l'état de dissolution.

A. Minet

A PROPOS DES LAMPES A INCANDESCENCE

SUR LA MESURE DES TRÈS FAIBLES PRESSIONS

La Lumière Électrique [1] a donné dernièrement quelques détails sur un travail récent de M. C. Heim, sur la pression dans les lampes à incandescence. L'auteur, M. Dieudonné, a cité, en passant, la méthode de M. Bessel-Hagen [2] pour la mesure des très faibles pressions. Nous croyons être utile à vos lecteurs, en donnant, d'après le mémoire original, quelques indications complémentaires sur l'emploi de cette méthode.

Au moyen d'une pompe à mercure (fig. 1), on évacue le récipient R. Pour cela, on élève et abaisse alternativement le ballon Q. Dans la première opération, le mercure monte dans le ballon K, ferme la communication avec le récipient, et refoule l'air par le tube B, d'où il s'échappe dans l'atmosphère; dans la seconde opération, le mercure redescend dans le ballon Q, laissant, dans le réservoir supérieur, un espace vide d'air. Lorsque le niveau de mercure est arrivé au-dessous du point de jonction des tubes D et E, le gaz s'écoule du récipient R dans ce ballon K, jusqu'à ce que l'équilibre de pression soit établi. A

(1) Voir les numéros 9 et 10, du 26 février et du 5 mars 1887.

(2) *Annales de Wiedemann*, XII, 3, p. 425; 1881.

ce moment, il suffira de mesurer la tension du gaz en K, pour la connaître aussi en R.

La méthode de M. Bessel-Hagen consiste à

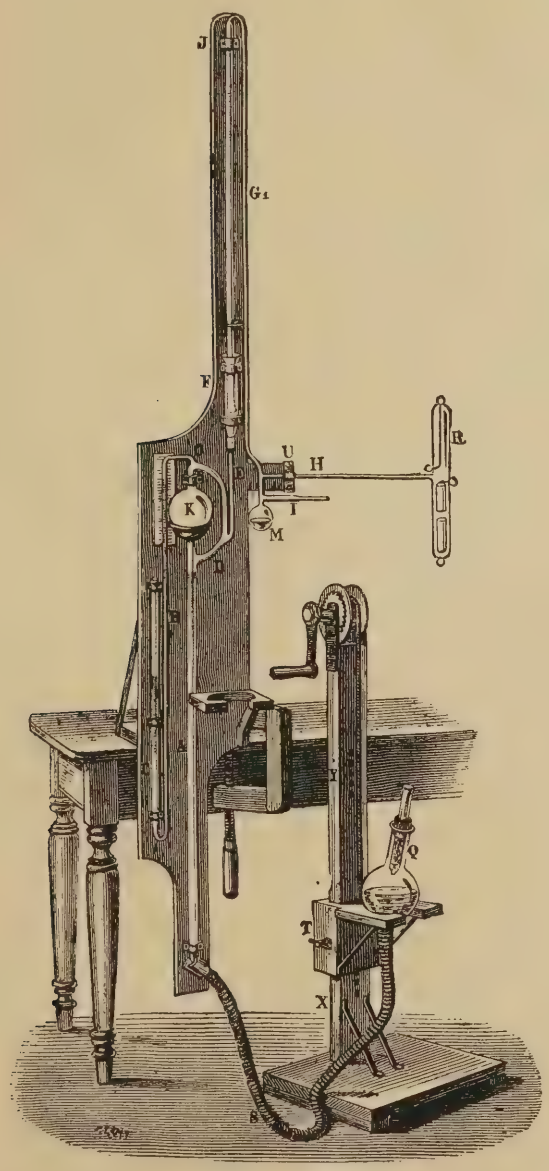


Fig. 1

réduire le volume de ce gaz dans une proportion déterminée, et à mesurer alors sa tension.

Dans ce but, le tube B, de 2 millimètres de diamètre et de 815 millimètres de longueur, porte une double échelle, indiquant, d'un côté, les millimètres de pression, de l'autre, les dixièmes de centimètres, à partir d'un trait O marqué immédiatement au-dessus du ballon K; le tube C étant très large, on pourra supposer que le niveau du mercure y est invariable, pour de petits déplacements du ménisque en B.

La mesure de la pression nécessite trois lectures. Le ballon Q étant au bas de sa course, on observe le ménisque en B, sur l'échelle en millimètres; puis on fait remonter le mercure jusqu'en O, et on lit la position du ménisque en B sur les deux échelles.

Soit h l'abaissement du niveau du mercure observé, qui se produit, lorsqu'on refoule le gaz dans le tube B; v son volume; désignons par V le volume (mesuré une fois pour toutes) du ballon K et du tube D au-dessus de sa jonction avec E. La pression x du gaz contenu dans le ballon est devenue, dans le tube B, $x + h$. On a, d'après la loi de Mariotte :

$$\frac{v}{V} = \frac{x}{x+h}$$

d'où

$$x = \frac{v}{V - v}\, h$$

ou approximativement pour de faibles pressions:

$$x = \frac{v}{V}\, h$$

La précision de la méthode dépend de l'exactitude avec laquelle on a déterminé les quantités v, V et h.

Lorsqu'il s'agit d'une raréfaction extrême, h est très petit, et c'est la mesure de cette différence de hauteur qui offre la plus grande difficulté. M. Bessel-Hagen a employé, pour observer le ménisque, une lunette à long foyer munie d'un micromètre; il recommande de frapper légèrement le tube B, afin que la surface du mercure soit parfaitement libre.

Voici quelques-uns des résultats obtenus par M. Bessel-Hagen, dans la mesure du vide produit par une pompe de Tœpler modifiée par lui

V	v	h	x en millimètres	x en millionièmes d'atmosphère
615,4 cm³	0,112 cm³	0,075	0,000014	1/54
»	0,112	0,084	0,000015	1/50
»	0,104	0,054	0,000009	1/84
»	0,112	0,078	0,000014	1/54
»	0,112	0,044	0,000008	1/95
»	0,104	0,060	0,000010	1/76

E. G.

CONSIDÉRATIONS SUR

L'EMPLOI DE RHÉOSTATS

COMME

RÉGULATEURS D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE [1]

Nous avons donné dans un précédent article, la méthode générale du calcul d'une résistance non uniformément répartie, et satisfaisant à une distribution constante de température sur sa longueur.

Aujourd'hui, nous nous occuperons des formes de la fonction, que nous avons indiquée par f (I) dans nos équations.

Nous traiterons spécialement les cas qui se présentent le plus fréquemment dans la pratique industrielle.

Détermination de la relation f (I)

M. Picou, dans sa théorie graphique des machines dynamos [1] a indiqué la manière d'obtenir cette fonction, étant donnée la courbe du champ magnétique en fonction des forces magnétisantes.

Nous ne reviendrons donc pas sur cette détermination, qui se fait très rapidement d'ailleurs par les procédés qu'a employés l'auteur.

Nous passerons maintenant à l'étude de la seconde classe des résistances qui ont pour but de régler les effets lumineux, et qui se placent sur le circuit principal d'un réseau de lampes.

Elles ont deux buts bien distincts, qu'il est bon d'indiquer.

1° On se propose de modifier l'intensité du courant principal, lorsque la résistance extérieure vient à varier, suivant le nombre de lampes du réseau qui fonctionnent.

2° Ces résistances ont pour effet d'obtenir une décroissance d'intensité électrique, correspondant à une décroissance donnée d'intensité lumineuse, (jeux de scène).

Nous passerons d'abord en revue chacun de ces cas, qui donnent lieu à une fonction de même nature (hyperbole).

1. *Régulateur d'un reseau donné.* — L'installation de ce régulateur exige un énoncé général qui peut se formuler de la manière suivante :

« *Etant donné un canal de distribution d'énergie électrique, à difference de potentiel constante, qui alimente normalement un nombre donné de lampes groupées en dérivation sur ce circuit, on se propose de déterminer les valeurs successives des résistances qu'il faut intercaler, pour que le nombre de lampes allumées variant entre deux limites extrêmes, le régime de fonctionnement demeure invariable, toutes choses égales d'ailleurs.*

Soient, d'une manière générale :

ε la différence constante de potentiel du canal, fixée par le régime de la lampe.
n le nombre maximum de lampes que comporte le réseau ;
m le minimum de la même quantité ;
i, r l'intensité et la résistance normales de régime, telles qu'elles sont données par la fabrication.

Les lampes étant groupées en dérivation, l'intensité nécessaire pour alimenter n lampes est ni, et la résistance du circuit de ces n lampes peut s'écrire :

$$R_o + \frac{r}{n}$$

R_o étant une quantité sensiblement constante quel que soit n, dont la valeur dépend de la distance du réseau de lampes à la machine.

Dans ces calculs, la valeur de R_o n'intervient pas, car nous supposerons constante la différence de potentiel aux bornes mêmes des lampes.

Le terme r/n représente avec une exactitude suffisante, pour les besoins de la pratique, la résistance du réseau.

Le plus souvent, en effet, le terme correctionnel qu'il conviendrait d'ajouter algébriquement à l'expression r/n, pour avoir la résistance vraie, est très faible. L'erreur commise, en le négligeant, est de même ordre que celle qu'entraîne nécessairement la variation de la résistance spécifique d'un fil de même métal, soit par défaut d'homo-

[1] Voir *La Lumière Électrique* du 5 mars 1885.
[1] Voir *La Lumière Électrique* de janvier 1887.

généité, soit par les conditions de sa fabrication [1]

Nous admettons donc que l'expression r/n, est la valeur de la résistance du réseau, lorsque le nombre des lampes allumées est n, et que la *résistance moyenne* de ces lampes à leur *température normale d'éclat lumineux est* r, correspondant toujours d'ailleurs à la différence ε de potentiel déterminée par la nature de la lampe.

Cela posé, si on passe du nombre n de lampes à un nombre m, la résistance du circuit se trouve augmentée de la quantité.

$$\frac{r}{m} - \frac{r}{n} = r\left(\frac{n-m}{n\,m}\right)$$

L'intensité doit évidemment décroître de ma-

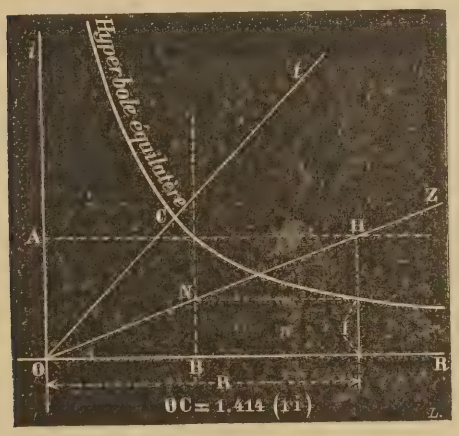


Fig. 1

nière que la force électromotrice ε demeure constante, c'est-à-dire que cette décroissance est :

$$(n - m)\, i$$

puisque nous avons supposé les lampes en dérivation.

Si l'on prend alors deux axes de coordonnées rectangulaires et que l'on porte comme coordonnées les intensités et les résistances d'un réseau comprenant n lampes en dérivation sur la différence de potentiel ε, les intensités étant précisément les inverses des résistances, on obtiendra une hyperbole équilatère, lorsque n variera de o à l'∞.

Cette hyperbole permettra donc de connaître à chaque instant la valeur de la résistance du circuit et l'intensité, suivant le nombre donné de lampes en service.

On construira alors une série d'hyperboles équilatères, correspondant à chaque type de lampes, pour résoudre la construction d'une résistance régulatrice d'un réseau donné quelconque.

Pour terminer ce cas, nous indiquerons la manière de tracer cette fonction $r = f$ (I), connaissant les constantes des lampes à incandescence choisies, ainsi que les nombres maximum et minimum de lampes à utiliser à un moment donné.

On prendra deux axes rectangulaires oR, oi. Soient toujours r et i la résistance à chaud et l'intensité du courant dans la lampe choisie.

Au lieu de construire l'hyperbole équilatère

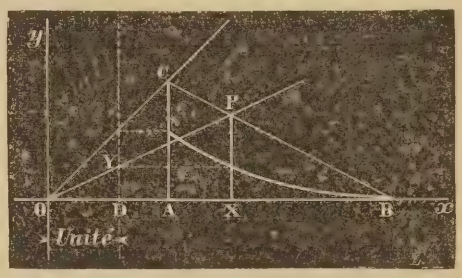


Fig. 2

par le point qui correspond à une seule lampe, on prendra la résistance et l'intensité d'un réseau de 100 lampes.

On portera une longueur OA = 100 i sur l'axe des y, et une longueur OB = r/100 sur l'axe des x, on tracera les parallèles aux axes.

Cela posé, on mène une transversale oZ qui coupe chacune des deux parallèles précédentes en N H. Traçant de nouveau deux parallèles aux axes, on obtient un point de l'hyperbole équilatère qui fournit par ses coordonnées, les résistances et les intensités dans un réseau, où le nombre de lampes en service est susceptible de varier entre deux limites extrêmes données.

Ce nombre sera d'ailleurs indiqué sur l'échelle des ordonnées, puisqu'il est proportionnel à i (intensité de régime).

[1] La résistance d'un fil de cuivre d'un mètre de long et de 1 millimètre carré de section varie, en effet, de 0,012 à 0,018 ohm, et celle d'un fil de maillechort de même dimension passe de 0,24 à 0,36 ohm.

La fonction f (I), dans ce cas, est représentée géométriquement par un arc d'hyperbole équilatère, définie par l'équation :

$$RI = \text{constante} = r\,i = \varepsilon$$

La longueur du demi-axe transverse, servant à déterminer l'hyperbole, est

$$L = \sqrt{r \times i} \times 1{,}414$$

ou

$$L = 1.414\sqrt{\varepsilon}$$

Le problème que nous venons de résoudre, peut encore s'énoncer d'une autre façon, qui se rencontre assez fréquemment dans la pratique.

On peut le formuler de la manière générale suivante :

Etant donné les limites extrêmes des lampes que comporte un canal de distribution à différence de potentiel constante, trouver une résistance variable, telle que les pertes en volts soient proportionnelles aux écarts des nombres de lampes en service, avec le nombre maximum.

Soient, à cet effet :

n, m les limites supérieure et inférieure du nombre des lampes en activité ;
i l'intensité de régime ;
ε la perte en volts maxima, lorsque le courant passe de ni à mi.

L'énoncé donne l'équation

$$E = \frac{\varepsilon n}{n - m} - \frac{\varepsilon}{n - m} x$$

dans laquelle E est la perte en volts pour le nombre x de lampes allumées compris entre les limites (m, n).

La résistance totale nécessaire pour passer de n lampes à x est alors :

$$R_x = \frac{E}{x\,i} = \frac{\varepsilon}{(n - m)\,i}\left[\frac{n}{x} - 1\right]$$

Donnant à x différentes valeurs, on aura les résistances successives qu'il faut réaliser pour chaque nombre de lampes en service, compris entre n et m.

Il est aisé de reconnaître que l'équation précédente définit un arc d'hyperbole équilatère, qui aurait pour asymptotes l'axe des y et une parallèle à l'axe des x à la distance $-\varepsilon/(n - m)\,i$ de cet axe.

On pourra d'ailleurs construire graphiquement cette courbe des résistances.

On prendra à cet effet (fig. 2), deux axes rectangulaires ox oy, on portera OA sur l'axe des x égale à mi à une certaine échelle puis OB $= ni$. Elevons en A une ordonnée AC qui représente la perte maximum de volts, perte qui correspond au nombre minimum m de lampes qu'il peut y avoir en service.

D'après l'énoncé, le nombre de volts que doit absorber la résistance variable, est représenté (pour chaque valeur du nombre de lampes x, compris entre m et n) par l'ordonnée de la droite CB.

Si nous portons sur l'axe des abscisses une longueur OD qui représente l'unité, l'ordonnée YD représente la valeur de la résistance, lorsque l'intensité est OX, ou que le nombre de lampes est x, puisque OX $= xi$. Reportant cette longueur comme ordonnée à l'abscisse OX, on aura un point de la courbe des résistances en fonctions des intensités qui doivent traverser le réseau, lorsque le nombre de lampes en service varie entre les deux limites fixées.

On pourra construire un graphique, en se donnant une perte variable, en sorte que l'on obtiendra une série de courbes permettant de trouver toutes les solutions sans aucun calcul.

2° *Rhéostats pour jeux de scène.* — Dans la détermination de ces résistances, le nombre des lampes est supposé constant, seulement c'est l'intensité dans le filament qui varie et qui produit l'effet d'une lumière variable.

Pour déterminer la fonction f (I) ou se donne la variation de l'intensité lumineuse désirée.

On doit connaître, d'autre part, la relation qui lie l'intensité lumineuse de la lampe avec l'intensité du courant qui la traverse.

Connaissant cette fonction, on arrive, en employant la même méthode que dans le cas précédent, à la courbe qui relie les résistances aux intensités.

Dans le cas d'une décroissance uniforme de l'intensité lumineuse, on se trouve également conduit à une hyperbole équilatère pour représenter cette fonction.

Mais, la résistance de la lampe, à température variable, n'est pas constante.

On sait, en effet, que cette résistance est une fonction de la température, et qu'elle décroît à mesure que celle-ci s'élève.

L'hyperbole équilatère n'est donc qu'une solution approchée de la détermination du rhéostat.

On doit alors diminuer la résistance représentée par l'ordonné de l'hyperbole équilatère de l'excès qui est dû à l'abaissement de l'éclat de la lampe, suivant une fonction de cette puissance lumineuse, fonction qui est fournie expérimentament.

On conçoit que les problèmes relatifs à la production de ces effets lumineux peuvent varier de toutes les façons, suivant la décroissance de l'effet lumineux que l'on veut produire. C'es sur ces principes généraux qu'ont été déterminés les jeux de scènes, installés récemment, à l'Opéra, par la *Société continentale Edison*, et qui permettent d'obtenir tous les effets désirés.

Pour terminer cette étude, nous indiquerons une formule, qui facilite la détermination des résistances variables, dans le cas où celles-ci sont formées par des bandes métalliques d'épaisseur constante.

Détermination directe des éléments d'une résistance régulatrice d'éclairage, dans le cas où elle est constituée par une bande ou une toile mélallique d'épaisseur constante.

La formule que nous avons exposée dans notre précédent article [1] s'applique également, à quelques constantes près, au cas que nous voulons traiter actuellement.

Si, en effet, ρ est la résistance spécifique de la toile ou de la bande métallique choisie,

e, son épaisseur constante,

l, sa longueur prise à partir d'une certaine origine,

λ, sa largeur variable avec l.

On a pour la résistance totale

$$R = \rho \int \frac{d\,l}{e\,\lambda} = f(I)$$

Posant $\lambda = \Phi(I)$, condition de distribution uniforme de la température, il vient évidemment en intégrant par rapport à l,

$$(a) \qquad l = \frac{e}{\rho} \int_{I_2}^{I_1} \Phi(I)\, d.\, f(I)$$

D'après le paragraphe précédent, on a :

$$R = f(I) = \frac{\varepsilon}{I}$$

Posons d'autre part la relation :

$$I = \delta\, e\, \lambda$$

où δ est la densité de courant, supposé constante ; (ce qui est d'autant plus vrai, que les limites I_1, I_2 sont plus grandes en valeurs absolues, et qu'elles sont plus rapprochées), on a

$$\Phi(I) = \lambda = \frac{I}{\delta\, e}$$

substituant ces fonctions dans l'équations précédente (a), il vient

$$l = \frac{e}{\rho} \int_{I_2}^{I_1} \frac{I}{e\,\delta}\, d.\, \frac{\varepsilon}{I}$$

ou :

$$l = -\frac{\varepsilon}{\rho\,\delta} \int_{I_2}^{I_1} \frac{d.\, I}{I}$$

Résolvant cette intégrale, on a pour l'expression de la longueur de la résistance d'épaisseur constante, en fonction de l'intensité I, qui passe à la section située à la distance l

$$l = \frac{\varepsilon}{\rho\,\delta} \left[\text{log. hyp.}\,(I_1) - \text{log. hyp.}\,(I_2) \right]$$

Remarquant, d'autre part, qu'on peut écrire :

$$I_1 = n\, i \qquad I_2 = m\, i$$

on a :

$$l = \frac{\varepsilon}{\rho\,\delta} \left[\text{log. hyp.}\,(n) - \text{log. hyp.}\,(m) \right]$$

n étant la limite supérieure et m la limite infé-

(1) Voir *La Lumière Électrique* du 5 mars.

rieure du nombre de lampes qui sont appelées à fonctionner momentanément.

La valeur de l varie avec le nombre de lampes compris entre n et m.

Si x désigne ce nombre variable, la longueur de résistance à intercaller sur le circuit sera :

$$(b) \qquad l_x = \frac{\varepsilon}{\rho\,\delta}\left[\text{log. hyp. }(n) - \text{log. hyp. }(x)\right]$$

nous avons d'un autre côté:

$$(c) \qquad \lambda_x = \frac{I}{\delta\, e} = \frac{i}{\delta\, e}\, x$$

Eliminant x, entre les deux équations (b) (c) on a la relation (l, λ) qui détermine la fabrication de la résistance, soit :

$$l = \frac{\varepsilon}{\rho\,\delta}\left[\text{log. hyp. }(n) - \text{log. hyp. }\frac{\delta\, e}{i}\,\lambda\right]$$

Enfin, nous signalerons que la construction d'un graphique, représentant cette équation, facilite énormément la détermination très rapide d'une résistance de régulation d'éclairage.

Dans cette équation nous rappelons que:

ε est la différence de potentiel de régime normal
i est l'intensité nécessaire *de régime*
δ la densité de courant choisie
ρ la résistance spécifique du métal employé
e l'épaisseur de la toile ou bande
(λ et l) sont la largeur et la longueur considérées comme fonction l'une de l'autre.

CH. REIGNIER

REVUE DES TRAVAUX

RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE [1]

Séance du 4 mars 1887

Théorie des phénomènes pyro-électriques, par M. Duhem.

Gaugain a cherché a rapprocher les phénomènes pyro-électriques des phénomènes thermo électriques; son idée, qui avait été à peu près abandonnée, peut être reprise et généralisée.

1. Le fait fondamental qu'il s'agit d'expliquer est le suivant :

Entre les deux faces d'une lame de tourmaline taillée normalement à l'axe d'hémiédrie, existe une force électromotrice, lorsque l'équilibre de température est troublé entre la lame et le milieu extérieur; cette force électromotrice change de sens, suivant que la lame de tourmaline s'échauffe ou se refroidit.

La théorie des phénomènes thermo-électriques indique deux conditions nécessaires pour que la force électromotrice ne soit pas nulle :

1° Il doit exister des différences de température entre les divers points de la lame;

2° La structure de la lame doit être hétérogène.

Les différences de température sont dues à ce fait que, dans une lame qui se refroidit, les régions internes sont plus chaudes que les régions externes, tandis que l'inverse a lieu pour une lame qui s'échauffe. Le manque d'homogénéité est dû à la *structure réticulaire* de la substance.

Considérons un milieu à structure réticulaire dans lequel les surfaces isothermes sont des plans parallèles. Entre deux surfaces isothermes voisines existe une force électromotrice proportionnelle à la différence de température et à un facteur qui dépend de l'orientation des surfaces isothermes. Si, à partir d'un point, sur chaque rayon vecteur on porte une longueur proportionnelle à la valeur de ce facteur, pour l'orientation que représente ce rayon vecteur, on obtient la *surface de pyro-électricité.*

Pour connaître la force électromotrice d'une lame de tourmaline, il suffit de multiplier la différence de température qui existe entre l'intérieur de cette lame et la surface par la différence des deux rayons vecteurs de la surface de pyro-électricité normaux à la surface de la lame.

La considération de la surface de pyro-électri-

(1) Nous donnerons désormais, dans la Revue des travaux récents en électricité, un résumé des communications faites à la Société française de Physique, qui, à un titre quelconque, peuvent intéresser la science et la technique électriques.

Nous suivrons, la plupart du temps, le *Résumé* officiel de la séance.

N. D. L. R.

cité conduit aux lois des phénomènes pyro-électriques et notamment aux conditions indiquées par M. Mallard pour qu'un cristal soit pyro-électrique.

Les phénomènes de piézo-électricité ne sont que des phénomènes de pyro-électricité dans lesquels l'échauffement est dû à la compression. Cette explication rend compte de toutes les particularités de ces phénomènes. Les variations de volume que subissent les cristaux piézo-électriques, lorsqu'on les électrise, sont dues à une distribution inégale de températures qui se produit dans de semblables cristaux par l'effet de l'électrisation.

M. *P. Curie* pense que la conductibilité dans la théorie de M. Duhem est une conductibilité fictive qui intervient comme un artifice de calcul.

Prenons une tourmaline avec circuit extérieur conducteur réunissant ses extrémités; en faisant varier la température du cristal, les phénomènes électriques sont absolument différents de ceux que l'on obtient en faisant naître et disparaître une force électromotrice dans le circuit extérieur.

M. Curie admet que les phénomènes pyro- et piézo-électriques ont une origine commune, la déformation du cristal. Mais il ne saurait admettre qu'ils soient identiques et que la compression n'agisse que comme producteur de chaleur. Les effets calorifiques mis en jeu par la compression sont beaucoup trop minimes pour expliquer le dégagement d'électricité observé. De plus, le dégagement d'électricité par compression est instantané, ce qui ne serait pas s'il fallait attendre le refroidissement du cristal.

M. *Duhem* répond que l'on sait, depuis M. Du Bois-Reymond et Gaugain, que les phénomènes produits dans le circuit extérieur d'une tourmaline sont identiques aux phénomènes produits dans le circuit extérieur d'une pile de grande force électromotrics et de grande résistance. Quant aux autres faits signalés par M. Curie, ils sont des conséquences de la théorie de M. Duhem.

M. *Vaschy* fait observer qu'il semble résulter des lois expérimentales connues, que l'électrisation Q, prise par un cristal, est proportionnelle à son *élévation de température* $(T_1 - T'_0)$ *et se maintient* (sauf déperdition lente par conductibilité), lorsque la température finale T'_1 devient uniforme dans le cristal. D'après M. Duhem, cette électrisation serait, au contraire, proportionnelle à la *différence actuelle* $(T_1 - T_0)$ de température entre les faces et le milieu du cristal; le maintien prolongé de la charge Q conduirait alors à admettre que la différence $(T_1 - T_0)$ se maintient en réalité, alors qu'il semble que la température est devenue uniforme.

M. *Duhem* répond que la charge Q ne se maintient, après que la température est devenue uniforme, que dans les cristaux mauvais conducteurs; il n'a envisagé que les substances conductrices.

Transmission électrique de la force réalisée avec des dynamos Brown.

L'histoire du transport électrique de la force vient de s'enrichir encore d'un document; cette fois c'est de Suisse que nous vient la lumière, et il est certain que ce pays est un de ceux qui ont le plus intérêt à s'emparer de cette conquête de l'industrie moderne, pour utiliser ses forces naturelles, dans bien des cas où l'emploi direct des forces hydrauliques est impossible ou onéreux.

Les essais importants dont nous voulons faire connaître les résultats à nos lecteurs, d'après le journal technique *Engineering* (1), ont été faits au moyen des machines dynamos et des moteurs de M. Brown, ingénieur de l'usine d'Œrlikon, près de Zurich. Ces essais ont eu lieu sous la direction du constructeur, assisté par des experts indépendants et compétents: les professeurs Amsler-Laffon et Gysel; MM. Veith et Weber, de l'École polytechnique de Zurich; MM. Keller, Lang, Meier, Naville, directeur de la maison bien connue Escher, Wyss et Cie, Waldner et Zschokke; le rapport auquel les détails qui suivent ont été en partie empruntés, a été fait par M. Amsler-Laffon. Les machines ont été construites pour la transmission d'une force hydraulique d'environ 50 chevaux, de Kriegstetten à l'usine de M. Mueller-Kaiber, à Soleure (Suisse), à une distance de 8 kilomètres. Les essais préliminaires ont été faits dans l'usine de M. Brown et dans des conditions aussi identiques que possible à celles qui seront réalisées plus tard, et leur but était d'obtenir des données pratiques sur les points suivants : Quelle puissance faut-il fournir aux machines génératrices pour

(1) *Engineering*, vol. XLIII, p. 221 (11 mars 1887).

obtenir un travail donné avec les réceptrices? Quel est le rapport entre la vitesse des génératrices et des réceptrices? Et enfin, comment varie la vitesse, quand le travail transmis varie?

Les mesures et appareils électriques n'ont servi que pour la détermination directe des grandeurs électriques, tandis que toutes les mesures de puissance ont été faites mécaniquement.

Les figures ci-jointes permettent de se rendre compte des dispositions générales des dynamos. Les inducteurs sont formés de deux noyaux verticaux F, en fer forgé, réunis par les pièces en fonte B, qui forment les pièces polaires. La pièce inférieure B, la plaque de fondation D et les paliers S de l'arbre de l'armature A sont fondus d'une seule pièce. L'induit est une modification de l'anneau Pacinotti-Gramme.

Comme on le voit, cette machine se rapproche beaucoup de celle de MM. Mather et Plater, connue sous le nom de dynamo Manchester.

Une disposition assez particulière est celle de la poulie, qui se trouve à l'intérieur du palier correspondant.

Une des premières dynamos construites d'après

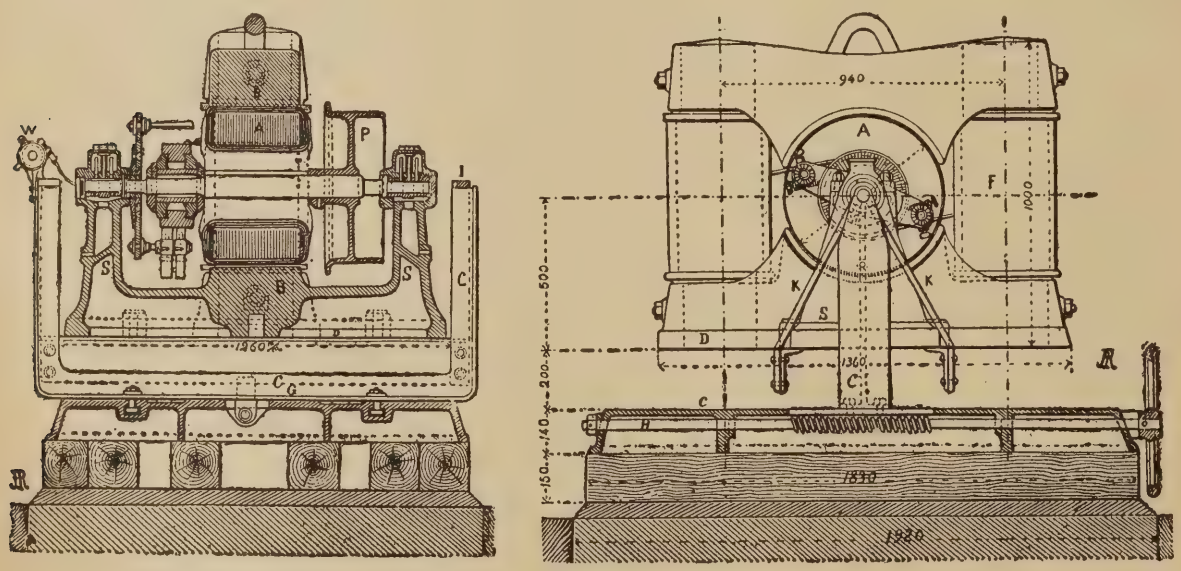


Fig. 1 et 2.

ce type donnait, à une vitesse de 1000 tours par minute, une différence de potentiel de 65 volts aux bornes, et un courant de 160 ampères; le fil de l'induit pesait 12 kilos, avec une résistance de 0,008 ohm; les bobines des inducteurs pesaient 33 kilos, et leur résistance était de 25 ohms. Les nouvelles dynamos construites pour l'installation de Soleure sont plus grandes et donnent environ 1200 volts à la vitesse normale de 700 tours par minute.

Les principales dimensions sont : longueur totale, 1260 m. m.; largeur, 1360 m. m.; hauteur, 1000 m. m.; diamètre de l'armature, 500 m. m., et largeur, 175 m. m.

La première condition d'une pareille installation étant la sécurité, et plutôt que de se fier à à des résultats absolument incertains, M. Brown s'est décidé à employer quatre machines, deux génératrices et deux réceptrices, de sorte qu'une seule paire pourrait, en cas de besoin, transmettre la plus grande partie du travail; la force hydraulique en question varie de 30 à 50 chevaux. On a adopté une vitesse de 700 tours, qui est encore économique, sans être cependant trop élevée; une vitesse plus faible aurait nécessité des dynamos plus lourdes et plus coûteuses. Pour la ligne, on a adopté le système à trois conducteurs; ceux-ci consistaient en fil de cuivre pur, nu, de 6 millimètres, supporté sur poteaux distants d'environ 36 mètres.

Pour franchir l'Aar, on a disposé une portée de 115 m., en fil de bronze silicieux de même diamètre, et ayant à peu près la conductibilité du fil de cuivre, mais d'une tenacité au moins double.

Le système à trois fils présente cet avantage qu'en cas d'arrêt d'un des moteurs, l'autre ne sera jamais soumis qu'à la moitié du potentiel total ; en outre une disposition spéciale permet de relier l'un des fils extérieurs en quantité avec le fil central, pour le cas où l'un des générateurs devrait fournir tout le travail ; la perte dans les conducteurs ne serait donc pas doublée, mais seulement augmentée de moitié.

On a disposé à la station génératrice deux shunts automatiques, qui mettraient les induc-

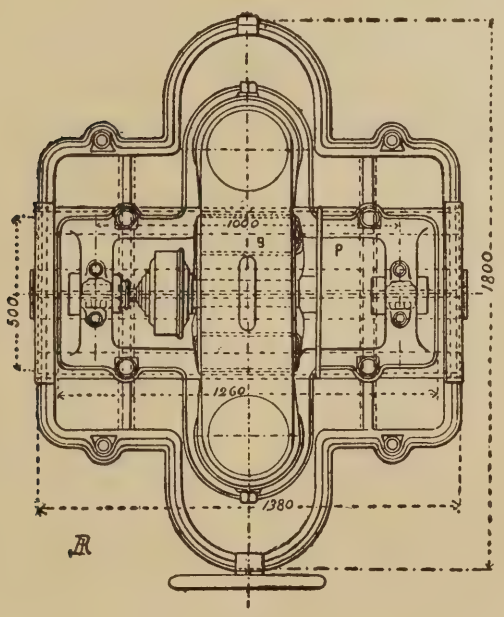


Fig. 3

teurs en court circuit, dans le cas où le courant deviendrait trop intense ; on a eu outre deux ampèremètres et trois paratonnerres avec des plaques d'une construction spéciale pour protéger les dynamos contre la foudre.

La station de réception est protégée de la même manière ; elle comprend encore deux interrupteurs ou coupe-circuits particuliers, qui permettent d'arrêter les deux moteurs subitement sans aucun danger pour l'isolation.

Une des principales clauses du contrat imposait une vitesse constante, quel que fut le travail transmis.

La régulation électrique peut se faire de plusieurs manières ; deux sont particulièrement importantes :

La première méthode consiste à employer une génératrice munie d'un enroulement compound avec une réceptrice ou un moteur en dérivation ; cette disposition convient surtout pour les courants de force électromotrice moyenne.

Dans la seconde méthode, on emploie des machines à double enroulement aux deux stations ; les bobines en série ont pour but d'augmenter la force électromotrice lorsque la charge augmente, et d'un autre côté, d'affaiblir proportionnellement le champ magnétique du moteur.

Cette disposition présente des avantages, quand il s'agit d'alimenter plusieurs moteurs avec un seul générateur.

Le troisième système consiste à employer des dynamos en série aux deux stations, et comme cette disposition convient surtout pour des tensions élevées et pour le cas où une station primaire doit alimenter une seule station secondaire, c'est ce système qui a été adopté, comme nous l'avons déjà dit ; il permet en outre de mettre les machines en marche, même avec pleine charge.

Dans cette disposition et avec des dynamos bien construites, il est possible de faire marcher les réceptrices à une vitesse constante, pourvu que les génératrices tournent eux-mêmes d'une façon uniforme.

M. Brown a constaté qu'une variation de 20 o/o de la force appliquée au frein n'a fait varier la vitesse du moteur que de 3 o/o ; au besoin on pourrait encore réduire ces petites différences.

Nous arrivons maintenant à l'essai à l'usine d'Oerlikon, exécuté dans les mêmes conditions qui seront en réalité imposées aux dynamos, le fil de ligne d'une résistance de 9, 5 ohms ayant été remplacé par une résistance de 10 ohms en fil de fer.

La résistance était maintenue constante, en diminuant la longueur du fil, au fur et à mesure de son échauffement par le courant, dont l'intensité était controlée par un voltamètre.

Il est curieux que, tandis que la tendance actuelle en Angleterre est de rechercher dans les essais de ce genre à remplacer le plus possible les mesures mécaniques ou dynamométriques par des mesures purement électriques, M. Brown, au contraire, a cherché à faire autant que possible des mesures mécaniques.

Le motif que notre confrère en donne, est la défiance que les praticiens manifestent à l'égard des appareils électriques, auxquels ils doivent se rapporter. Il n'est peut-être pas inutile de rap-

peler ici que M. Brown, avant de construire des machines dynamos, était connu comme un très habile mécanicien.

Toutes les dynamos étaient suspendues dans des berceaux C boulonnés à une plaque G munie d'une vis H pour le réglage des courroies (voir les figures). Les montants verticaux des berceaux se terminent en lames de couteau I, sur lesquelles les dynamos reposent, maintenues solidement par des tenseurs en fer K, boulonnés à la plaque de fondation D de la dynamo.

Les couteaux I sont placés exactement dans le prolongement de l'arbre de l'induit. Les inducteurs étaient munis d'index d'une longueur de 1500 m. m., et le travail transmis ou reçu était calculé d'après la déviation de la verticale, subie par les électros des génératrices sous l'influence de l'effort des courroies de la machine à vapeur, et par les réceptrices sous l'influence du courant transmis par la ligne.

Les différentes vitesses étaient indiquées sur un compteur relié avec les axes des armatures, au moyen d'une transmission flexible et d'un engrenage à vis sans fin W.

Cette méthode de mesure exige naturellement des essais préliminaires, pour déterminer directement par des poids appliqués à la poulie P, le couple correspondant aux différentes positions de l'index. A cet effet, l'armature était fixée solidement aux inducteurs ; on obtint ainsi une échelle indiquant, pour chaque déviation, l'effort tangentiel en kilogrammes, rapportée à un bras de levier de 0,25 m., le rayon moyen des poulies P.

La résistance totale des quatre dynamos, groupées en série, s'élevait à 13,44 ohms ; en y ajoutant 10 ohms pour la résistance de la ligne, la résistance totale du système ressort à 23,44 ohms. Les courroies ayant été mises sur les dynamos primaires étaient accouplées à un machine d'éclairage, dans le circuit de laquelle on intercalait des lampes à arc pour augmenter la résistance.

A la vitesse de cent tours par minute des génératrices, les armatures des moteurs commençaient à tourner et les index restaient bientôt stationnaires. Toutes les observations correspondantes étaient faites en moins d'une minute.

Les expériences ont duré cinq jours au mois de novembre 1886; les principaux essais que nous allons résumer brièvement ont eu lieu le 22 et le 29 novembre. Le tableau n° 1 donne les résultats des expériences.

Les colonnes G′ et G″ se rapportent aux deux machines génératrices, M et M″ aux machines réceptrices ou aux moteurs.

Les colonnes V_g, V_m donnent les vitesses; F_g et F_m, les efforts tangentiels, déduits des déviations, pour les génératrices et les réceptrices.

La colonne I donne les intensités du courant en ampères.

TABLEAU I

Numéros	G′		G″		M′		M″		I		Résistances
	V'_g	F'_g	V''_g	F''_g	V'_m	F'_m	V''_m	F''_m	amp.		
		kg.		kg.		kg.		kg.			
1	723	6	725	13.5	692	3	690	9.5	1.5	..	29 novembre 1886 Machine d'éclairage avec des lampes à arc et à incandescence. — 22 novembre 1886. Lampes à arc et à incandescence.
2	722	7	720	14	692	3	690	9.5	1.5		
3	760	22	758	40	752	13	750	26	4.5	5	
4	732	27	731	45	725	18	725	32	4.5	5	
5	733	45	730	74	724	32.5	725	53	10	10	
6	735	46	732	73	729	33	725	53	10	10	
7	710	60	712	92	703	42	705	57	11	15	
8	700	52	695	82	685	37	686	57	11	15	
9	752	74	730	105	727	51	722	75	11	15	
10	743	80	741	118	747	56	747	84	11	15	
11	720	52	718	79	717	35	730	66	12	20	
12	720	49	718	88	717	34	724	64	12	20	
13	731	52	730	93	731	36	731	66	12	20	
14	687	125	683	147	682	89	683	101	12	20	
15	(740)	88	738	123	742	64	744	86	15	25	
16	(767)	73	765	116	773	51	773	86	15	25	
17	(740)	69	738	103	738	40	737	74	15	25	
18	(756)	31	754	73	750	21	756	50	15	15	
19	(727)	42	725	73	720	30	724	50	15	15	
20	(717)	39	715	69	710	26	711	47.1	15	15	
21	726	18	718	15	685	14	683	14	2	..	
22	716	39.5	715	42	716	30	714	35	5.5	5	
23	716	60	715	72	716	45	713	57	9	10	
24	722	67.5	725	71	726	650	720	57	9	10	
25	716	73.5	715	86	716	63	714	65.5	10	15	
26	742	84	740	84	745	63	741	65	10	15	
27	702	124	702	112	715	89	708	84	14	20	
28	706	120	706	110	716	87	741	83	14	20	
29	742	5	742	6	685	0	705	0	..	..	
	840	5	828	7	800	0	771	0	..	..	

Après 14 observations, le compteur de tours de la génératrice G′, ne fonctionnait plus. Les chiffres entre parenthèses ne sont que des estimations. La partie inférieure du tableau n° 1 se rapporte aux essais du 22 novembre; deux autres essais du 30 novembre y sont joints.

Le tableau n° 2 se rapporte aux mêmes expériences, et donne les valeurs corrigées, par l'élimination des erreurs possibles. La suspension des dynamos était très délicate et a donné des résultats satisfaisants.

Il y avait, cependant, une attraction magnétique entre les dynamos et la plaque G qui n'était sépa-

rée de la base D que par environ 15 centimètres. On a constaté que cette attraction magnétique donnerait lieu à des lectures trop faibles, quand l'index se trouvait près du zéro; qu'elle était sans influence quand l'aiguille indiquait 40 kilogrammes; après quoi elle donnait des lectures trop élevées.

Cette correction a été déterminée par le passage des courants électriques à travers les inducteurs et en chargeant graduellement la machine, ainsi qu'en règlant le courant d'après les résultats donnés par le tableau I et correspondants à la position relative de l'index. L'erreur est minime et n'a d'importance pratique que pour les lectures au-dessus de 80, pour lesquelles des réductions ont été faites : 1/2 kilog. par les valeurs de F comprise entre 80 à 90 kilog., 1 kilog. de 90 à 100 kilog., 2 kilog. de 100 à 110 kilog, 3 kilog. de 110 à 115 kilog. et 4 kilog. de 115 à 120 kilog.

Les courroies pourraient encore avoir une tendance à déplacer légèrement les lames de couteau I sur leurs appuis, et puisque l'échelle de réduction des déviations a été déterminé sans les courroies, ces erreurs ne se compenseraient pas.

Mais, d'autre part, cette erreur doit toujours être insignifiante, le rayon de courbure des appuis étant très petit. Un déplacement pareil s'est cependant produit en réalité pour le générateur G″, car son index ne revenait pas au zéro quand les machines ont été arrêtées, mais indiquait encore 2 1/2 kilog. Le moteur M′ avait également été un peu déplacé, naturellement dans un sens inverse, et son index indiquait 1 kilog.

L'ensemble de la méthode et les résultats ont été analysés avec soin par le professeur Amsler-Laffon. La position de l'index dépend de la réaction électromagnétique entre l'armature et les inducteurs, du frottement dans les coussinets et de la résistance que l'air oppose au mouvement de l'armature et des poulies.

Nous avons encore des pertes de travail inévitables à l'intérieur des dynamos, et les défauts mécaniques inhérents à n'importe quel mode de suspension.

Ainsi que nous venons de le dire, il fallait s'attendre à voir les courroies déplacer les dynamos horizontalement; une faible déviation de l'axe peut aussi se produire verticalement, et il y a enfin l'attraction magnétiqne entre la dynamo et la plaque G, dont nous avons déjà parlé.

Le professeur Amsler est cependant convaincu que ces sources d'erreur ne peuvent pas sensiblement modifier les résultats. Il justifie cette opinion, en déterminant les rendements d'abord directement d'après les chiffres relevés, en divisant la puissance P_g transmise aux génératrices par la puissance P_m fournie par ces moteurs; les résultats de ces calculs sont consignés dans la colonne

TABLEAU II

Numéros	G′ et G″		(M′ et M″)		P_g	P_m	P_m/P_g	
	$1/2\,(V'_g+V''_g)$	$F'_g+F''_g$	$1/2\,(V'_m+V''_m)$	$F'_m+F''_m$	HP	HP	Pour cent	$\eta=(P_m-P^o_m)/(P_g-P^o_g)$
		kg.		kg.				
1	724	17	691	13.5	4.30	3.25	75.8	
2	721	18.5	691	13.5	4.66	3.25	69.9	
3	759	59.5	751	40	15.76	10.63	67.4	65.4
4	731	69.5	725	51	17.73	12.91	72.8	72.9
5	731	116.5	726	86.5	29.73	21.92	73.74	73.9
6	733	116	727	87	29.68	22.08	74.38	74.7
7	711	148.5	704	100	38.86	24.58	66.67	65.9
8	697	131	685	95	31.83	22.72	71.37	71.2
9	731	174.5	724	127	44.53	32.10	72.08	72.0
10	742	191	747	140.5	49.47	36.64	74.06	74.2
11	719	128	723	102	32.13	25.74	80.13	81.0
12	719	134	720	99	33.63	24.88	73.98	74.2
13	730	141.5	731	103	36.06	26.28	72.89	72.9
14	685	260	682	189.5	62.17	45.12	72.57	72.6
15	739	204	743	150.5	52.63	39.04	74.18	74.3
16	766	183	773	137.5	48.94	37.28	76.17	76.3
17	739	168.5	737	114	43.47	29.33	67.47	66.4
18	755	101.5	753	72	26.75	18.93	70.74	70.4
19	726	112.5	722	81	28.51	20.42	71.61	71.2
20	716	105.5	710	73	26.37	18.09	68.61	67.8
							Moy..	70.2
21	722	33	684	28	8.32	6.69	81.1	
22	715	81.5	715	65	20.37	16.22	79.7	79.1
23	715	132	714	102	32.95	25.42	77.2	76.0
24	723	138.5	723	107	34.96	27.01	77.3	76.2
25	715	159	715	129.5	39.69	32.32	81.4	81.1
26	741	167.5	743	128	43.33	33.20	76.6	76.0
27	702	230	711	172	56.61	42.69	75.4	74.5
28	706	225	715	169	55.45	42.18	76.0	75.3
							Moy..	76.9

P_m/P_g, qui donne le rendement en pour cent, et ensuite en déduisant des puissances absorbées ou fournies, celles qui correspondent aux charges les plus faibles.

On élimine ainsi les erreurs possibles qui ne peuvent être controlées expérimentalement, mais qui seraient les mêmes pour toutes les charges. P_m et P_g étant les puissances transmises au moteur ou fournies à la génératrice, dans

chaque cas particulier, et P°_{m} et P°_{g} représentant les mêmes quantités pour les charges minima déduites des moyennes des expériences 1 et 2, tableau II, soit $P^{\circ}_{m} = 3,25$, $P^{\circ}_{g} = 4,48$; si l'on fait le quotient des différences $P_{m} - P^{\circ}_{m}/P_{g} - P^{\circ}_{g} = \eta$, nous arrivons au rendement commercial, par une méthode indépendante des sources d'erreur qui influencent les chiffres de la colonne P_{m}/P_{g}.

On voit qu'il y a une concordance très satisfaisante entre les résultats obtenus par les deux méthodes, les chiffres de la colonne η sont naturellement les plus exacts.

Le professeur Amsler-Laffon ajoute, dans son rapport, un aperçu élogieux des machines employées. Les dynamos Brown se distinguent par une construction simple, solide, et judicieuse ; les balais sont d'un accès facile, donnent très peu d'étincelles et ils n'ont exigé aucun réglage pendant les essais, quelle que fut l'intensité du courant.

Les balais comme les collecteurs ne donnent lieu qu'à une très faible usure.

Les inducteurs ne s'échauffaient que très peu pendant une marche de plusieurs heures. M. Amsler considère la vitesse — 1700 tours par minute — comme un peu trop élevée. Mais puisque la vitesse des moteurs demeurait pratiquement la même pendant les essais, augmentant un peu quand le travail transmis diminue, et différait très peu de la vitesse du générateur, il ne paraît guère profitable d'essayer de réduire la vitesse pour obtenir un perfectionnement douteux.

M. Amsler rend encore hommage aux excellentes mesures de précautions prises contre le danger de courants trop puissants, au moyen d'appareils automatiques de mise en court circuit ; il insiste enfin sur le rendement remarquablement élevé qu'on a obtenu et qu'il paraît difficile de surpasser.

Il ne faut pas oublier que les rendements en pour cent indiquent les rendements commerciaux puisqu'ils représentent le rapport entre les puissances fournies et la puissance rendue, déterminées toutes deux, en quelque sorte, sur l'arbre des machines.

Le rendement des machines électriques a été calculé de tant de manières différentes qu'il n'est peut-être pas superflu d'insister sur ce point.

Les essais du 29 novembre donnent un rendement moyen de plus de 70 pour cent. Les expériences antérieures de M. Brown donnaient une moyenne de 76,9 pour cent. Cette différence demande une explication, et la raison en est assez apparente.

Le 22 novembre les deux génératrices fonctionnaient avec une puissance à peu près égale, de sorte que le courant différentiel dans le conducteur central du système à trois fils était presque nul et la perte d'énergie par conséquent réduite au minimum.

Le 29 novembre, au contraire, ces puissances étaient très différentes, parfois même de plus de 100 o/o, ainsi que le montrent les colonnes du tableau n° 1. Le tableau n° 2 donne les moyennes et ne permet donc pas d'en tirer des conclusions au sujet des différentes conditions du fonctionnement. Cette circonstance devait nécessairement donner lieu à des courants plus intenses, d'où provient le rendement inférieur.

Il n'y a naturellement pas lieu de comparer ces expériences avec celles de M. M. Deprez, ni d'opposer ce rendement de 70 o/o au rendement maximum de 44,8 o/o obtenu par M. Deprez.

Par contre, les expériences de M. Brown se rapprochent davantage de celles de M. Fontaine. Comme nos lecteurs le savent, ce dernier avait — comme M. Deprez — un courant de 9,34 ampères avec une force électromotrice de 6000 volts, et il employait, dans sa transmission, quatre dynamos en série comme génératrices et trois moteurs également en série.

Mais, laissons de côté toute comparaison quant au mérite des diverses machines qui ont servi dans ces diverses expériences, comparaison pour laquelle, du reste, il manque bien des données, par exemple, celles relatives au poids des machines et à leur coût. Il nous reste à constater que ces expériences de M. Brown, au cours desquelles une puissance variant de 45 à 62 chevaux — ces chiffres (expériences 9, 10, 14, 15 et 16) étant ceux qui correspondent au fonctionnement pratique de l'installation — a été transmise, avec un rendement moyen de 74 o/o, sur une ligne d'une résistance de 10 ohms, nous paraissent très concluantes, quant au transport électrique de la force, et elles ont d'autant plus de poids qu'elles ne sont, comme nous l'avons indiqué plus haut, que le *fac simile*, pour ainsi dire, d'une installation industrielle.

E. M.

Les lampes à incandescence, leur emploi et leur fabrication, par le major général C. E. Webber (1).

LE GLOBE

Nous avons terminé maintenant cette partie importante de la construction d'une lampe à incandescence et nous allons nous occuper de l'am-

Fig. 1

poule de verre où se trouve le brûleur, dans des conditions de combustion tout à fait opposées à celles des autres procédés d'éclairage. Dans ceux-ci, il faut de toute nécessité que l'oxygène soit dans une certaine proportion par rapport à l'hydrogène carboné et aux autres gaz combustibles.

Pour la lampe à incandescence, la présence de l'oxygène dans l'ampoule, et en contact avec le filament de charbon, est une cause de destruction rapide, tandis que, telle qu'on a pu la fabriquer jusqu'à présent, son activité n'entraîne qu'une usure lente.

Mais si imparfaite qu'elle soit, la lampe à incandescence est encore très bonne et très difficile à remplacer.

L'ampoule elle aussi, passe par différentes

Fig. 2

phases de fabrication ; nous allons examiner celle de la lampe de l' « Anglo-American Brush Electric Light Corporation ».

Le point de départ est un tube de verre ayant environ 18 millimètres de diamètre intérieur.

Il s'agit tout d'abord de lui donner une forme semblable à celle indiquée figure 1, en étirant le verre de manière à avoir un petit tube d'environ 12 centimètres de long, à chaque extrémité d'un corps de sept centimètres, de la grosseur du tube primitif.

Puis, lorsque la section centrale a été chauffée et qu'on lui a donné la forme indiquée à la figure 2, on y pratique un léger étranglement, en A. Après une seconde chauffe, destinée à compléter la façon de l'ampoule, celle-ci prend la forme de la figure 3. On coupe alors la section AY que l'on remplace par un autre tube de section uniforme, c'est par ce passage que l'on fait le vide. L'ampoule est alors prête à recevoir le filament qui a été préparé et monté comme nous l'avons déjà dit ; on chauffe en Z, on enlève l'extrémité et on donne au verre une forme elliptique.

On introduit alors le filament ; puis, sous l'influence de la chaleur, on presse le verre sur les conducteurs de platine, en ne laissant dépasser que les petites boucles qui les terminent. La lampe est alors prête à subir la dernière phase de

Fig. 3

la fabrication, c'est-à-dire l'évacuation de l'ampoule.

Cette dernière période est peut-être celle qui influe le plus sur la durée de la lampe. Cette opération faite par le jeu d'une pompe à mercure paraît très simple et le serait réellement, s'il n'y avait des précautions délicates à prendre, et qui présentent des difficultés très sérieuses lorsqu'on veut avoir le vide à un millionième d'atmosphère.

Tout d'abord, il faut que toutes les parties de la pompe soient construites avec le plus grand soin, parce qu'avec des soupape et des robinets ordinaires, il y aurait inévitablement des fuites et, par suite, une augmentatation de travail, lorsque la raréfaction de l'air s'accenturait.

Je n'entrerai pas dans le détail des mérites des diverses pompes à mercure, je me bornerai à exposer les conditions de leur fonctionnement lorsqu'on les emploie pour faire le vide dans les lampes à incandescence.

On a reconnu que le vide, nécessaire dans l'industrie que j'ai essayé de vous faire connaître, avait pour effet d'enlever l'humidité et l'air con-

(1) Voir *La Lumière Électrique*, 19 mars 1887.

tenus dans le verre, la platine et le charbon. De plus, c'est le seul moyen de purger le filament des gaz contenus dans le charbon.

Une partie de l'humidité peut être absorbée et l'est réellement par des substances placées à l'intérieur de la pompe; mais on a constaté que le seul moyen efficace était de produire, par des moyens que je ne puis exposer ici, des variations de température dans le verre et dans le filament. Cet emploi de la chaleur pour chasser l'humidité et l'air de toutes les parties de la pompe, communiquant avec la lampe doit être continué, à certaines phases de l'opération, jusqu'à ce que, par des essais convenables, on reconnaisse qu'on est arrivé au degré de vide voulu.

Le meilleur essai du vide est probablement celui qui se fait par voie électrique. On se sert à cet effet d'une bobine d'induction à très haute tension, et on observe le moment où les étincelles qui jaillissent entre deux pôles de platine dans une partie de la pompe où le vide est le même que dans la lampe en cours de fabrication, se produisent en dehors du verre au lieu d'éclater à l'intérieur.

Dans les premiers temps de la fabrication des lampes à incandescence, il fallait trois ou quatre heures pour faire le vide; actuellement il faut un peu plus d'une demi-heure avec des appareils perfectionnés. Le nombre des lampes vidées dans une usine est déterminé par le nombre de lampes de chaque pompe, qui est généralement de trois ou quatre, et par le nombre des pompes. Supposons dix opérations par jour et vingt-cinq pompes, desservant chacune quatre lampes, cela donnera par jour 1000 lampes dans l'usine.

Les lampes sont ensuite essayées et classées par intensité en bougie, et nombre de volts, puis marquées en conséquence. Autrefois, il y en avait 50 pour cent qui ne remplissaient pas les conditions voulues, actuellement il y en a tout au plus 10 pour cent.

Le rendement électrique des lampes est mesuré par le nombre de watts dépensés par bougie. On sait que toutes les économies réalisées de ce chef donnent lieu, pour une quantité de lumière demandée à une installation d'éclairage électrique, à un bénéfice, aussi bien sur le travail converti en électricité, que sur les conducteurs amenant le courant aux lampes.

Les lampes de la plupart des constructeurs exigent de 3 à 5 watts par bougie, lorsque les lampes son neuves et pour le nombre de volts qui est supposé devoir leur assurer la plus grande durée. Voici quelques chiffres à ce sujet : Edison 5 watts; Svan-Edison de 3,5 à 4 watts; Victoria 3,5 watts; Woodhouse et Rawson 3,0 watts.

Quoi qu'on sache parfaitement quelles sont les expériences auxquelles il convient de soumettre les lampes à incandescence pour vérifier leur efficacité, et qu'on ait fait des essais très complets avec les lampes de plusieurs constructeurs bien connus, aux expositions du Palais de cristal, de Vienne, de Philadelphie, et à l'exposition d'hygiène, cependant ces essais sont en somme peu satisfaisants, parce que les fabricants eux-mêmes ne fournissaient pas leurs lampes moyennes et dans quelques cas refusaient absolument de les donner ou récusaient les résultats publiés.

Les expériences qui exigent des appareils que l'on trouve généralement dans les laboratoires ont pour objet l'observation de la force électromotrice du courant, de la résistance et du nombre de watts par bougie.

Il y a différentes dispositions pour l'essai de l'intensité en bougies. Je suis redevable au Dr Fleming de l'installation représentée par le diagramme ci-contre (fig. 4).

Ce système a pour objet spécial de s'assurer exactement de la force électromotrice de la lampe en cours de vérification. Le disque D d'un photomètre est fixe, au lieu de se déplacer librement, comme d'habitude. La lumière étalon en S est une lampe à l'acétate d'amyle dont la hauteur de flamme est réglée. La lampe à vérifier, est placée sur un support qui glisse sur la barre A B qui porte l'échelle.

D'abord, on essaie le courant. Le courant qui alimente les lampes passe par les conducteurs principaux, positif et négatif; du négatif, il traverse un ampèremètre gradué de Thompson et une bobine de résistance en platinoïde R, puis arrive à une des bornes de la lampe. La différence de potentiel entre les bornes de la bobine est comparée avec la force électromotrice d'un élément étalon de Clarke C_2, au moyen d'un potentiomètre, qui contrôle l'exactitude de l'ampèremètre.

Ensuite, on vérifie la force électromotrice aux bornes de la lampe. On se sert à cet effet d'un voltmètre-balance (électrostatique) de Thomson W, d'un voltmètre gradué de Thomson V_2, contrôlé par la mesure de la différence de potentiel

aux extrémités d'une bobine W_1 de 100 ohms, montée en série avec une autre bobine W^2 de 100000 ohms.

Les voltmètres sont disposés entre les bornes de la lampe, tandis que le potentiomètre avec l'élément étalon de Clarke C_1 n'est comparé qu'avec un millième de la force électromotrice de la lampe au moyen des résistances.

La pile étalon est dans les deux cas le dernier contrôle des appareils de mesure, pourvu que les résistances soient parfaitement exactes ; s'il n'y a pas concordance, il faut les calibrer de nouveau.

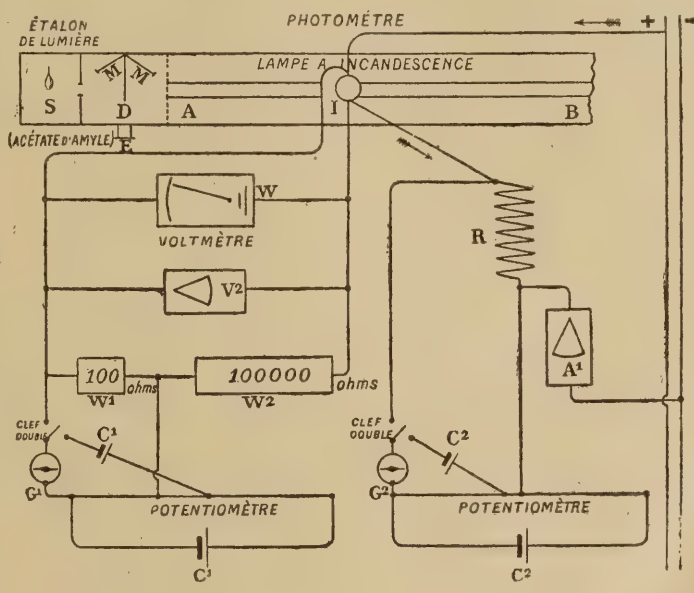


Fig. 4

La nécessité d'étalonner les appareils de mesure employées par les électriciens a été particulièrement signalée par le Dr Fleming qui est parvenu à convaincre tous les intéressés, mais jusqu'ici on s'est contenté d'une délibération prise à ce sujet par une commission de la Société des Ingénieurs des Télégraphes et des Electriciens. Actuellement nous ne savons pas encore si nous sommes d'accord lorsque nous parlons de quelques unes des unités de mesure.

Les personnes qui font usage de lampes à incandescence consulteront avec intérêt le tableau ci-contre qui donne la moyenne de quelques essais des lampes de deux ou trois constructeurs.

Ce tableau donne un petit aperçu des changements que subit le filament pendant sa durée, et que l'on peut résumer comme suit : pendant les 200 premières heures la résistance diminue légèrement, ce qui a pour effet d'augmenter l'éclat. Ces conditions restent à peu près stationnaires pendant les 500 heures suivantes, puis elles se modifient, la résistance augmente en même temps que l'intensité lumineuse décroît progressivement.

Il ne faut pas oublier que l'augmentation de la résistance du filament n'est pas la seule cause de l'affaiblissement de la lumière.

A mesure qu'il vieillit, il devient rugueux et augmente par conséquent en surface, tandis qu'il diminue de section. Il faudrait donc davantage de courant, tandis que l'augmentation de résistance diminue graduellement la quantité fournie.

Une autre cause de l'affaiblissement de la lumière est l'obscurcissement du verre par un dépôt charbonneux qui augmente avec la durée de la lampe. La déperdition en 1000 heures de combustion s'élève à 15 pour cent pour une bonne lampe.

Courant moyen et intensité en bougies de deux lampes de 17 bougies marchant à 100 volts, vérifiées toutes les 100 heures.

Courant initial :	0,63 *a*	int. en bougies	18,5[1]
Après 100 h. :	0,65	—	18,8
200	0,65	—	20,7
300	0,65	—	18,5
400	0,65	—	18,5
500	0,65	—	18,5
600	0,65	—	18,0
700	0,65	—	17,5
800	0,64	—	15,5
900	0,64	—	15,2
1000	0,64	—	15,2
1100	0,64	—	15,2
1200	0,64	—	15,2
1300	0,64	—	15,2
1400	0,64	—	15,2
1500	0,63	—	13,7
1600	0,63	—	12,7[2]

Ce noircissement de l'ampoule est dû à un

dépôt intérieur provenant de la désagrégation de la matière de la monture métallique ou du filament.

Le Dr Fleming a donné en 1883 et 1885 à la Société de physique une description de quelques phénomènes curieux relatifs à cette phase de l'emploi des lampes à incandescence.

Lorsque les lampes à incandescence ont un certain temps de service, il se produit inévitablement un dépôt de fumée ; d'après le Dr Fleming, « avec un service normal et tant que la lampe n'est pas portée à une force électromotrice supérieure à celle qu'elle doit avoir, il y a une sorte de volatilisation générale du charbon à tous les points de la boucle. »

Les expériences tendent à montrer que, lorsqu'une force éléctromotrice plus élevée communique au filament une température excessive, les molécules sont projetés avec violence contre le verre et produisent par une désagrégation rapide un voilage du globe plus prompt que celui qui se formerait dans des conditions normales d'incandescence. Cet obscurcissement est toujours très rapide lorsque le filament présente quelques défectuosités ; mais, en règle générale, les constructeurs ont surmonté cette difficulté.

La perte de lumière est très faible et l'aspect que présente en plein jour une lampe noircie constitue, je crois, son principal défaut.

Les personnes qui font usage de lampes à incandescence pour leurs installations particulières remarqueront, en remplaçant de vieilles lampes par des neuves, que ces dernières donnent plus de lumière, de sorte, que s'il y a lieu de changer une lampe cassée à un moment où la plupart d'entre elles ont, par exemple, neuf cents heures de service, on percevra une différence de deux ou trois bougies, si l'on se sert de lampes ayant une intensité de dix-sept bougies. Si elles sont à mille sept cents heures de fonctionnement, la différence sera de sept à huit bougies. Comme il n'y a pas économie de courant en proportion de la lumière perdue, il arrivera un moment où, en continuant à se servir des vieilles lampes, on aura une perte considérable d'énergie.

Il en résulte que le public devrait apprécier les lampes, en dehors de certaines limites, plutôt par la constance de leur intensité que par leur durée. Par conséquent, la meilleure lampe est celle qui dure le plus longtemps avec le moins de variation d'intensité.

L'essai du vide peut se faire dans un laboratoire avec la bobine d'induction en procédant de la manière suivante :

Tenez la lampe dans une main et amenez les fils conducteurs à proximité du pôle d'une bobine d'induction ayant un potentiel élevé. Si le vide est mauvais, on constatera une incandescence considérable dans l'ampoule; s'il est bon, l'incandescence diminue, en outre, la longueur de l'étincelle entre la bobine et les fils deviendra presque nulle et, à ce moment, l'étincelle extérieure sera excessivement faible et courte.

On peut également faire l'essai du vide par la mesure de la chaleur produite par une lampe brûlant pendant un temps donné dans un volume donné d'eau où elle est immergée ; mais cette expérience a un inconvénient, dû à l'absorption de la radiation de chaleur.

Un autre essai moins concluant consiste à fermer la lampe avec un fragment du tube qui a servi à faire le vide, puis on en brise l'extrémité sous le mercure ; la présence éventuelle de l'air est indiquée par la bulle, qui se produit dès que le mercure pénètre dans l'ampoule.

Les personnes qui se servent des lampes peuvent faire une bonne vérification en observant la présence d'effets lumineux, lorsqu'on frotte l'ampoule dans l'obscurité avec la fourrure d'une peau de chat, ou au toucher. La température de la surface extérieure de l'ampoule exposée à la lumière pendant environ une heure s'élève plus que d'habitude et ce fait révèle l'imperfection du vide.

L'essai de l'intensité en bougies de ces lampes nous amène au genre de photomètre à employer et aux étalons de lumière.

Cette question est en ce moment soumis à l'étude d'une commission de l'Association britannique. Il me semble que le problème n'est pas bien plus rapproché de sa solution qu'au moment où il a été soumis en 1881 au congrès des électriciens de Paris, où la lampe Carcel et la bougie avaient encore leurs partisans.

Pour les usages de la fabrication, on a l'habitude, ainsi que l'a indiqué le Dr Fleming, de se servir de lampes à incandescence-étalons que l'on renouvelle fréquemment avant qu'elles aient pu se détériorer. On les obtient par la comparaison photométrique avec des flammes de valeur connue et enfin on s'en réfère à la moyenne d'une série d'expériences faites avec la bougie étalon au sper-

maceti. Mais, lorsqu'il s'agit d'essais rivaux entre des lampes de différents constructeurs, on se base surtout sur les essais de durée, parce que ces expériences servent également à vérifier le charbon et parce qu'on admet généralement que les filaments les mieux constitués dureront longtemps dans un vide réellement bon.

Pour les consommateurs, l'essai de durée est une question d'économie. Il est facile de leur faire comprendre que, si leurs lampes fonctionnent avec une force électromotrice plus grande que celle pour laquelle elles ont été construites, il se

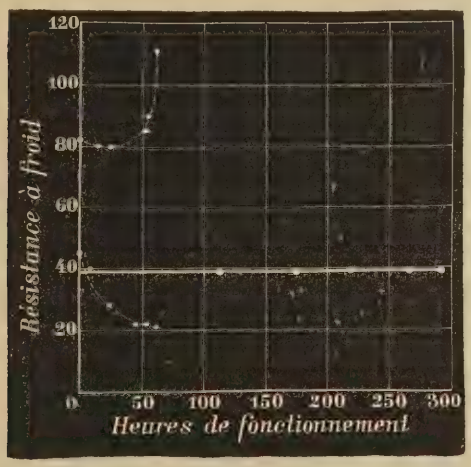


Fig. 5

Fig. 5. — Courbe montrant les variations de résistance à froid de diverses lampes à incandescence à différentes périodes de leur existence.

produira une surincandescence et le noircissement dont nous avons parlé. C'est ce qu'on appelle le surmenage des lampes, et il se produit facilement faute de dispositions nécessaires prises à la source du courant pour en assurer la tension régulière. Il arrive souvent que les acheteurs de lampes se plaignent de leur courte durée, sans se douter qu'ils sont les seuls coupables et que, par suite de surincandescences fréquentes, leurs yeux ne peuvent plus apprécier, même approximativement, la puissance en bougies qu'elles fournissent. On ne peut leur demander d'avoir chez eux des photomètres pour faire ce contrôle, mais ce n'est pas trop exiger de leur demander d'avoir un voltmètre à un endroit où ils pourront, à l'occasion, s'assurer que le potentiel, entre les conducteurs principaux, n'est pas dangereux pour l'existence du filament de leurs lampes.

Dans quelques lampes on reconnaît que la soudure du filament à la monture métallique est défectueuse, à ce qu'elle se brise en cet endroit après avoir fonctionné pendant quelque temps; mais il est impossible de découvrir ce défaut d'avance. On admet qu'il y a une plus grande tendance à la rupture au conducteur métallique négatif, et on en a inféré qu'en se servant de courants alternatifs on pourrrait remédier à cette disposition à la rupture.

Il serait très intéressant de connaître les résultats de l'emploi des courants alternatifs au point de vue des filaments. Le temps ne me permet pas d'aborder plusieurs questions relatives aux lampes à incandescence soumises aux électriciens dans

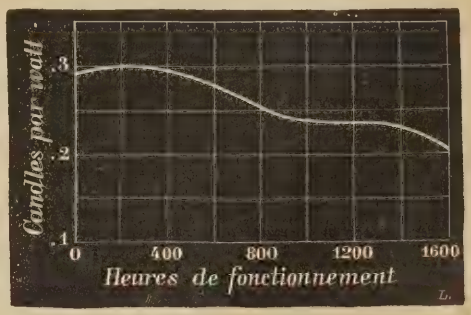


Fig. 6

Fig. 6. — Courbe montrant les variations du rendement des lampes à incandescence à différentes périodes de leur existence.

ces dernières années par MM. Wilhelm Siemens, de Berlin; Cruto, de Milan, et Bernstein, en Angleterre.

Mon but n'était pas d'aborder des détails trop techniques et discutables, mais d'appeler l'attention sur le point de vue industriel de la question. On comprendra donc que je n'aie pas parlé des brevets et de la partie légale de la question, qui a été longtemps et qui est encore un sujet de controverse.

La Téléphonie en duplex

Dans une de ses dernières lettres, (Voir *La Lumière Électrique*, n° 2, 1887, p. 95) notre correspondant d'Amérique a décrit tout au long le système de téléphonie duplex de M. Barret; comme on le verra par les lignes qui suivent, et qui sont un extrait d'une conférence faite à l'Institut Canadien le 8 janvier 1887 par M. Rosebrugh,

et communiqué par l'auteur, la propriété de cette invention serait contestée à M. Barret :

« L'introduction du téléphone date déjà de dix ans, mais la téléphonie en duplex est d'une date toute récente. Ce système ne paraît avoir été appliqué qu'à la téléphonie à grande distance avec des lignes comprenant deux fils, formant un circuit métallique complet.

« Les fils employés doivent être de haute conductibilité et on les fait aujourd'hui en cuivre ce qui, nécessairement, augmente de beaucoup les frais de construction de ces lignes, soit à cause du prix du cuivre, soit à cause de la double ligne.

« Tout dispositif tendant à augmenter la capacité des *trunk* lignes réduira, par conséquent, proportionnellement le coût des communications téléphoniques à grande distance.

« Quand j'ai commencé à étudier cette question il y a deux ans environ, j'avais l'intention de me servir de circuits métalliques complets pour relier deux bureaux centraux téléphoniques, afin de permettre soit à deux abonnés quelconque, des deux réseaux, soit à un abonné et à un bureau central de communiquer ensemble simultanément et sans être dérangés. Pour y arriver, il fallait résoudre deux problèmes ; en premier lieu, rendre les récepteurs du bureau central indépendants des transmetteurs des abonnés, et ensuite, rendre les récepteurs des abonnés indépendants des transmetteurs du bureau central.

« Le premier problème était assez facile à résoudre ; à cet effet j'ai adopté la disposition suivante :

« A chaque station centrale et à chaque extrémité du circuit métallique on relie une ligne d'abonnés. En place du récepteur téléphonique ordinaire avec une seule bobine, je me suis servi d'un récepteur avec une double bobine, et chacune des bobines est intercalée dans l'une des branches du circuit, et les communications sont telles que l'action des courants électriques qui traversaient l'une des bobines est neutralisée par l'action de l'autre bobine.

« En d'autres termes, les bobines étaient reliées différentiellement.

« Les courants électriques engendrés par les transmetteurs des abonnés traversaient les deux bobines en sens inverse et se neutralisaient par conséquent. Tant que la ligne est occupée par les deux abonnés à chaque extrémité du circuit métallique, la conversation ne peut pas être entendue dans les téléphones du bureau central.

« La solution de ce premier problème m'encourageait à attaquer le second, c'est-à-dire, essayer de soustraire les récepteurs des abonnés à l'action des transmetteurs du bureau central, mais ce problème était difficile à résoudre.

« Il est évident que, si les transmetteurs étaient placés dans l'une ou l'autre branche du circuit métallique, les courants électriques créés par eux se diviseraient au point de jonction avec les lignes des abonnés, et une partie du courant irait à la terre à travers les téléphones des abonnés.

« Je ne m'arrêterai pas à décrire les différentes dispositions essayées, avant d'arriver à la conclusion que la seule manière de résoudre le problème était de disposer les transmetteurs du bureau central, de façon à charger également les deux branches du circuit métallique, simultanément mais en sens inverse. Je compris qu'en chargeant l'un des fils positivement et l'autre négativement mais en même temps, je pourrais rompre l'équilibre électrique entre les deux fils, sans affecter celui des lignes des abonnés.

« Après un grand nombre d'expériences, je réussis enfin à trouver le moyen d'arriver à ce résultat et le problème fut ainsi résolu.

« J'ai également trouvé plusieurs manières d'arriver à ce résultat, mais je n'en indiquerai ici que deux.

« La première méthode consiste à employer un transmetteur avec deux bobines d'induction ; les bobines primaires sont reliées, soit en série, soit en dérivation, tandis que les bobines secondaires sont reliées dans chacune des branches du circuit métallique.

« Pour la seconde méthode, je me sers de translateurs avec une bobine dans chaque branche du circuit métallique ; ces bobines communiquent ensemble ainsi qu'avec un circuit téléphonique indépendant.

« Le premier système fonctionne de la manière suivante : Les impulsions de la voix font vibrer le diaphragme du transmetteur, ce qui fait varier l'intensité du courant de la pile locale, traversant les bobines primaires des deux bobines d'induction ; il en résulte des courants secondaires dans les deux bobines secondaires ou dans les deux branches du circuit métallique.

« Si les deux bobines sont convenablement équilibrées, il se produit des impulsions électriques égales et simultanées dans chaque branche du circuit métallique et, si les communications sont

bien établies, ces impulsions traversent le circuit métallique en sens inverse; les courants créés

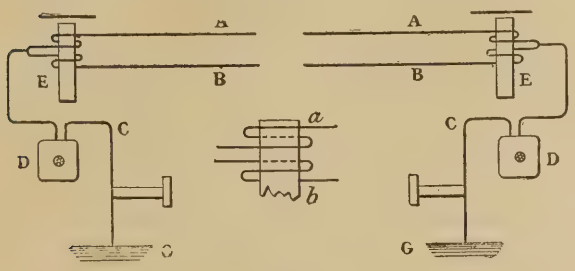


Fig. 1

dans l'une des bobines sont renforcés par ceux de l'autre [1].

« Je puis mentionner en passant que le contraire est également vrai; c'est-à-dire que si l'on renverse la communication de l'une des bobines, les courants créés par l'une seront opposés à ceux de l'autre, et aucun courant ne traversera le circuit métallique; les courants parviennent néanmoins aux lignes des abonnés et, étant renforcés, iront à terre à travers les téléphones des abonnés. On peut profiter de ce fait, et employer deux transmetteurs au bureau central, ou à un point quel-

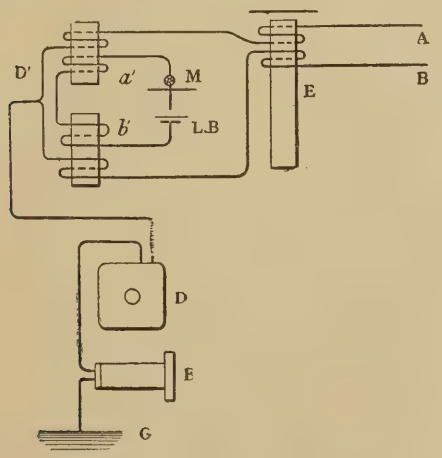


Fig. 2

conque du circuit métallique, et on peut les relier de sorte que les téléphones des abonnés pourront répondre à l'un, tout en restant neutres vis-à-vis de l'autre.

[1] J'emploie des noyaux de réglage, avec ces deux bobines d'induction, afin de pouvoir équilibrer, dans le cas où les deux branches du circuit métallique ne seraient pas en équilibre parfait

« Je préfère cependant donner à l'abonné un fil de retour et un fil de terre, ainsi que deux appareils téléphoniques complets, l'un pour l'usage ordinaire et l'autre pour la théléphonie à grande distance sur le circuit métallique. »

En ce qui concerne les translateurs, l'auteur remarque, avec raison, qu'il n'est pas le premier à s'en être servi, sur des circuits téléphoniques, mais, d'après lui, ils n'ont jamais été employés de la manière indiquée, ni dans le même but; c'est-à-dire pour actionner et être actionnés simultanément par les deux branches d'un circuit métallique.

L'avantage que présente cette application des translateurs est de permettre à deux abonnés, à chaque extrémité du circuit métallique de communiquer simultanément sans être dérangés; deux d'entr'eux se servent d'une ligne reliée directement au circuit métallique, tandis que la ligne des deux autres communique indirectement avec celle-ci, au moyen des deux translateurs.

On voit, par conséquent, qu'une combinaison des deux méthodes permettra à deux abonnés, à chaque extrémité d'un circuit métallique, ou bien à un abonné et à un bureau central, d'utiliser la ligne et de communiquer simultanément avec deux autres interlocuteurs.

Un autre avantage important qui résulte encore de cette disposition, est que les abonnés ont deux conducteurs au lieu d'un seul, ce qui réduit la résistance de la ligne de moitié. Cette idée peut être développée: ainsi on peut relier les extrémités de deux circuits métalliques de manière à en former un troisième et ainsi de suite.

« Au mois d'août 1885, j'ai communiqué mon système duplex au professeur S.-P. Thompson, et un brevet fut pris pour la Grande-Bretagne; une autre demande fut déposée à Washington. Au mois de mai dernie , j'ai présenté mon système à l'*American Bell Telephone C°*, mais j'ignore s'il a été essayé pratiquement. Pendant ce temps, deux concurrents se sont présentés, MM. J.-J. Curry et J.-A. Barrett, le premier, employé de la *New-England Telephone C°*, et le second au service de la *New-York Telegraph and Telephone C°*, deux Sociétés qui dépendent de la Compagnie Bell. L'un de ces inventeurs revendique la disposition des appareils à enroulement différentiel, l'autre l'arrangement des translateurs. »

L'opuscule de l'auteur se termine par des citations de l'*Electrical World*, de New-York,

des 31 juillet et 23 octobre de l'année dernère, et relatives au système de M. Barrett; d'après ce qui précède, et ce que nous avons déjà publié à ce sujet, il est inutile d'y revenir.

La question de la priorité de cette invention sera tranchée par le *Patent Office*, des États-Unis ; nous tiendrons nos lecteurs au courant de la question.

Sur le calcul des courants induits dans la masse de l'anneau d'une machine dynamo-électrique, par H. Lorberg (1).

Les courants induits dans la masse métallique de l'anneau d'une dynamo sont produits en partie par le mouvement de cet anneau relativement aux électro-aimants et en partie par les changements de sens du courant dans les spires, aux points neutres.

Clausius, dans sa théorie fondamentale des machines dynamo-électriques (2) prétend que ces derniers courants sont les mêmes que ceux qui seraient induits dans l'anneau en mouvement par les spires immobiles, parcourues par un courant toujours de même sens.

Clausius démontre ce théorème en renvoyant aux déductions qu'il a faites pour prouver que le moment de l'action exercée sur le noyau par l'électro-aimant fixe, est égal à celui de l'action qu'exerce le noyau fixe sur la spirale mobile, et de même sens; M. Lorberg donne une démonstration mathématique rigoureuse de ces déductions, mais il prétend que le théorème de Clausius, énoncé ci-dessus, est inexact.

Soit D le moment des spires de l'anneau sur les courants S induits par les changements de sens du courant, et D_1 le moment des spires sur les courants S_1 induits par celles-ci, supposées immobiles et parcourues par un courant continu.

Supposons l'anneau au repos, et les spires animées d'un mouvement de rotation, de même sens que celui de l'anneau et parcourues par un courant changeant de sens aux points neutres; dans ce cas, l'anneau sera le siège des courants S et $-S_1$, et il en résultera un moment $D_2 = D - D_1$; or, Clausius posant $S = S_1$, il s'en suit que $D = D_1$.

Le principe sur lequel il se base revient donc à supposer $D_2 = 0$, c'est-à-dire que la masse de l'anneau immobile est induite par les spires mobiles et parcourues par un courant alternatif tel que les forces pondéro-motrices ne cherchent pas à la mettre en mouvement. Cette conclusion est évidemment érronée. Car les courants induits donnent un moment tendant à faire tourner les spires en arrière, ou l'anneau en avant; le travail de ce moment est égal au travail pris négativement des forces électromotrices correspondantes. Il faut encore ajouter le moment de rotation des courants induits par les changements de sens du courant et qui n'est pas nécessairement en relation avec l'autre.

M. Lorberg démontre mathématiquement le théorème que nous venons d'esquisser et il calcule ensuite les forces électromotrices induites dans 'anneau, en partant successivement de la réalité, et de l'hypothèse de Clausius.

En prenant l'axe de l'anneau pour axe des z, l'axe des x passant par les deux sections neutres, et en introduisant les coordonnées polaires ρ, θ, z, les composantes du potentiel vecteur d'une spire située dans la section neutre $\theta = 0$, ou $\theta = \pi$, sont :

$$F_x = \int \frac{1}{r}\frac{dx'}{ds'}\, d\, s' \qquad F_y = \int \frac{1}{r}\frac{dy'}{ds'}\, d\, s'$$

$$F_z = \int \frac{1}{r}\frac{dz'}{ds'}\, d\, s'$$

Les composantes de la force électromotrice induite au point x, y, z de l'anneau par le changement du courant de $-i/2$ en $+i/2$ dans la section $\theta = 0$, sont égales à :

$$(1) \quad E_x = -i\, F_x \qquad E_y = 0 \qquad E_z = -i\, F_z$$

Appelons V_1 le potentiel magnétique de la bobine entière dont les deux moitiés sont parcourus par les courants $-i/2$ et $+i/2$ sur un point p (ρ, θ, z) de l'anneau; soit v la vitesse angulaire, les composantes de la force électromotrice induite par les spires sur le point p de l'anneau en mouvement sont alors données par les équations :

$$E'_x = -\frac{dV_1}{dy} v_z + \frac{dV_1}{dz} v_y = v\frac{dV_1}{dz}\rho\cos\theta$$

$$(2) \quad E'_y = -\frac{dV_1}{dz} v_x + \frac{dV_1}{dx} v_z = v\frac{dV_1}{dz}\rho\sin\theta$$

$$E'_z = -\frac{dV_1}{dx} v_y + \frac{dV_1}{dy} v_x = -v\,\rho\frac{dV_1}{d\rho}$$

D'après les équations (1), la composante de la force électromotrice perpendiculaire à l'axe est

(1) *Annales de Wiedemann*, 1887, vol. XXX, p. 389.

(2) *La Lumière Électrique*, 1884, vol. XI, p. 274 et 276

parallèle à la section neutre, tandis que les équations (2) qui, d'après Clausius, devraient donner le même résultat, indiquent qu'elle est radiale.

M. Lorberg détermine ensuite la force électromotrice donnée par les équations (1), à l'aide de calculs fort compliqués dans lesquels nous ne le suivrons pas.

L'auteur démontre que la force électromotrice moyenne induite par les courants de la masse de l'anneau dans les $n/2$ spires, est représentée pour une demi-rotation par l'équation :

$$E = 2\,n\,h\,Q_0 \tag{3}$$

h étant le nombre de tours de l'anneau et Q_0 une quantité de la forme :

$$Q_0 = \sum_0^\infty a_s \cos(2s+1)\theta$$

Les électros-aimants induisent aussi des courants dans la masse de l'anneau ; M. Lorberg démontre que la force électromotrice qu'ils produisent dans les spires est nulle, en sorte que l'équation (3) représente bien la force électromotrice totale induite dans les spires par les courants induits dans la masse de l'anneau.

Il est facile de démontrer que la force électromotrice, induite dans les spires par le magnétisme de l'anneau dû au second système de courants induits, est aussi égale à zéro. On voit donc qu'on peut déterminer la force électromotrice totale, résultant directement ou indirectement des courants dans la masse de l'anneau, en supposant que celui-ci est au repos. A. P.

Sur la force électromotrice et la polarisation des plaques de terre, des lignes télégraphiques par P. R. Muller [1].

L'observation régulière des courants terrestres a été, comme on le sait, l'objet d'un vœu émis par la conférence internationale des électriciens de 1881. Mais il est difficile d'avoir à sa disposition, pendant un temps assez long, des lignes télégraphiques étendues comme cela a été le cas pour M. Blavier, lors de ses belles recherches sur les courants telluriques. Dans les observations de physique terrestre on a dû se contenter de lignes beaucoup plus courtes ; ainsi, M. Wild, à l'Observatoire physique central de Pawlowsk, a soumis à des études régulières des lignes de 1 kilomètre seulement.

Or, dans une ligne de faible longueur, la différence de force électromotrice des plaques de terre situées aux extrémités, peut occasionner des erreurs, qui peuvent être du même ordre que la différence de potentiel à mesurer. On ne connaît pas actuellement de méthode précise permettant de déterminer séparément les forces électromotrices des deux plaques de terre. M. Muller, de l'Observatoire physique de Pawlowsk, a entrepris une série de recherches, afin de déterminer la différence de force électromotrice entre des électrodes de métaux divers placées dans des terres de nature différente.

L'auteur a aussi essayé de choisir, parmi les nombreuses substances qui peuvent être employées, celles qui donnent la différence de force électromotrice la plus faible.

La polarisation des électrodes, lorsque le courant terrestre atteint une certaine intensité, pouvant aussi être la source d'erreurs considérables, M. Muller a étudié cette polarisation.

Dix substances différentes ont été utilisées comme plaques de terre et considérées dans toutes les combinaisons possibles ; pour chacune d'elles on a mesuré :

1° La force électromotrice e des deux plaques ;

2° La polarisation p produite par le courant de l'élément formé par les plaques elles-mêmes ;

3° La polarisation p provenant du courant d'une batterie de 4 éléments Daniell.

4° La résistance r de l'élément.

La force électromotrice e a été déterminée par la méthode de compensation de Poggendorf.

La polarisation p sous l'influence du courant propre, a été mesurée en fermant le circuit sur un galvanoscope et en observant la déviation qui devient constante au bout d'un instant.

Pour mesurer la polarisation p, produite par le courant des 4 éléments Daniell, M. Muller fermait le circuit pendant 5 à 10 minutes et mesurait ensuite rapidement la polarisation par la méthode de Poggendorf.

La résistance r a toujours été déterminée simplement à l'aide de la méthode d'Ohm.

L'auteur a étudié 10 substances, le laiton, la tôle de fer, la tôle étamée, le plomb, le cuivre, le zinc, le laiton argenté, le platine, la fonte de fer

[1] *Bulletin de l'Académie des Sciences* de Saint-Pétersbourg, 1886, t. XXX, p. 531.

et le charbon. Les dimensions des plaques étaient de 180 centimètres sur 200 pour le platine, de 137 centimètres sur 200 pour le charbon et de 130 sur 100 pour les autres substances.

Les plaques étaient enterrées dans de l'argile ou du sable, dont l'humidité pouvait être variée à volonté.

Voici les principaux résultats obtenus :

1° La force électromotrice *e* est plus grande, avec l'argile qu'avec le sable ; il n'a pas été possible de trouver une relation bien marquée avec le degré d'humidité du sol. Cette force électromotrice est en moyenne de 0,229 volt pour le plomb, de 0,250 pour la fonte de fer et dépasse 1 volt pour certaines substances ; on doit donc de préférence employer ces deux métaux ; la fonte est surtout favorable à cause de la constance de la force électromotrice *e*.

2° La polarisation *p* des plaques sous l'influence de leur courant varie, pour le même métal, suivant le degré d'humidité ; elle dépend, en outre, du temps pendant lequel les plaques ont été enterrées.

En général la polarisation *p* dépend non seulement de la force électromotrice initiale des plaques, mais aussi de la nature de celles-ci.

La diminution de la force électromotrice initiale sous l'influence de la polarisation, exprimée en centièmes de cette force, est donnée par les chiffres suivants :

Plomb	12	Laiton argenté	0
Fonte	4	Cuivre	5
Fer étamé	1	Fer	4
Zinc	1,9	Charbon	22
Laiton	23	Platine	62

3° La polarisation *p* varie très peu avec la nature du sol ; la différence entre l'argile et le sable est à peine sensible. D'après la moyenne des résultats, les éléments étudiés peuvent être rangés dans l'ordre suivant, relativement à la capacité de polarisation : Platine, charbon, laiton, laiton argenté, fer étamé, cuivre, fer, zinc, fonte de fer, plomb, la platine ayant la capacité de polarisation la plus forte.

4° La résistance des éléments dépend trop des influences extérieures, pour qu'il ait été possible d'obtenir des résultats concordants ; cependant le sable offre une résistance plus grande que l'argile.

Les observations qui précèdent confirment donc les conclusions que M. Wild a déjà tirées de ses études sur les courants terrestres. Dans les périodes sans perturbations magnétiques et pour des lignes de faible longueur la différence de potentiel de la terre est négligeable, ou tout au plus de l'ordre de la force électromotrice des plaques de terre.

A. P.

De l'influence du magnétisme sur la conductibilité thermique du fer, par A. Battelli (1).

Maggi a constaté le premier une diminution de la conductibilité thermique du fer sous l'influence d'une force magnétique intense. Cette question a été reprise en 1878, par Tomlinson, qui a trouvé, pour le fer et l'acier, des résultats plus précis, mais confirmant les précédents. M. Battelli a entrepris récemment de nouvelles recherches sur ce sujet : il a commencé par répéter les mesures de Tomlinson en employant des appareils plus sensibles.

Deux barres carrées de 1 centimètre de section, l'une de fer doux de Suède, l'autre de laiton, traversent deux cubes à parois métalliques dans lesquels circule de la vapeur d'eau.

Une série de trous percés de 5 en 5 millimètres permettent de mesurer la température des sections correspondantes des barres en chaque instant, à l'aide d'un élément thermoélectrique. Un électro-aimant étant placé vis-à-vis d'une des extrémités des barres, celles-ci sont ainsi aimantées longitudinalement lorsque l'électro-aimant est excité. Il n'a pas été possible d'obtenir, de cette manière, des résultats bien concordants et bien sûrs.

C'est ce qui a engagé M. Battelli à modifier l'expérience et à la disposer comme suit : Une barre de fer de 3 centimètres de longueur et de section quadratique de 2 centimètres de côté est soudée à ses deux extrémités à un prisme de cuivre de même section, long de 7 centimètres ; la tige de fer est placée dans une spirale magnétisante de 2,5 c. m. de long, constituée par l'enroulement de 20 mètres de fil de 1,7 m. m., sur un double tube de verre tapissé de papier d'étain. Le tout est placé dans du coton à l'abri des variations de la température extérieure.

(1) *Atti dell'Acad. di Torino*, 1886, vol. XXI, p. 559.

L'auteur a observé un échauffement du métal, après avoir fait circuler le courant pendant 7 à 15 minutes dans la spirale; ce qui a pu, peut-être, introduire une source d'erreurs dans les mesures de Tomlinson.

Les spires de fil furent alors remplacées par des spires de ruban de cuivre très mince, isolé à la paraffine, et la perturbation ci-dessus fut ainsi éliminée. En chauffant une des extrémités du barreau, M. Battelli a observé, sous l'influence de l'aimantation, un refroidissement du trou à température élevée et un échauffement de celui dont la température était la plus basse, c'est-à-dire une *diminution de la conductibilité thermique.*

En remplaçant le barreau mixte fer-cuivre par une barre de fer doux de 30 centimètres de longueur, l'auteur a calculé, en partant de ses observations, que la diminution de la conductibilité thermique est de 0,0021 de sa valeur primitive; le barreau de fer n'était pas aimanté à saturation.

M. Battelli a aussi étudié l'influence de l'aimantation transversale; les résultats auxquels il est arrivé sont très peu concordants, en sorte que nous n'insisterons pas davantage là-dessus.

A. P.

Sur l'aimantation des mélanges de fer et de charbon en poudre, par K. Kobylin et S. Tereschin (1)

On sait que, si les particules de fer ou d'acier d'un corps sont assez éloignées les unes des autres pour que leur action mutuelle puisse être négligée, les moments magnétiques, temporaire et permanent sont indépendants de la forme du corps et simplement proportionnels à sa masse. Cette conclusion a été vérifiée, entr'autres, par Auerbach pour des mélanges de limaille de fer et de poudre de charbon.

A mesure que les particules de fer sont serrées davantage les unes contre les autres, le phénomène se complique et les lois qui le régissent ne sont plus si faciles à obtenir.

MM. Kobylin et Tereschin ont étudié l'aimantation de mélange de poudre de charbon et de poudre de fer très fine, en mesurant le moment magnétique de ces mélanges, placés dans un cylindre de cuivre, par les déviations d'un magnétomètre. Ils ont trouvé que le maximum du coefficient d'aimantation de ces mélanges a toujours lieu pour la même intensité du courant de la bobine magnétisante, tandis qu'Auerbach avait observé que ce maximum dépendait aussi de leur densité.

Voici, en outre, les conclusions auxquelles les deux physiciens russes sont arrivés :

1° Le magnétisme rémanent croît avec la quantité de fer du mélange, d'abord lentement et enfin plus rapidement pour les forces magnétisantes très petites ou très grandes; pour des forces moyennes, cette augmentation est assez régulière.

2° Le magnétisme rémanent croît avec la force magnétisante, mais plus rapidement.

3° Le magnétisme temporaire croît avec la densité du mélange, mais plus lentement.

4° Le rapport du moment rémanent au moment temporaire augmente avec la teneur en charbon du mélange.

Ce dernier résultat confirme très bien l'hypothèse de Chwolson, d'après laquelle ce sont les molécules de carbone qui empêchent la rotation des aimants moléculaires dans l'acier.

A. P.

(1) *Journal de la Société physico-chimique russe*, 1886, vol. XVIII, p 107.

CORRESPONDANCES SPÉCIALES

DE L'ÉTRANGER

Allemagne

Travaux d'installation de l'éclairage électrique dans les batiments publics. — Dans une conférence faite devant la société des architectes de Berlin, M. l'ingénieur Herzberg a donné quelques chiffres relatifs à la quantité de lumière nécessaire dans les bâtiments publics.

Avec une répartition approximativement uniforme des centres lumineux, il convient de suivre

les proportions suivantes pour de grandes salles, restaurants, bureaux publics, etc.

Hauteur de la lampe au-dessus du plancher :	Une lampe à incandescence de 16 bougies pour une surface de plancher de :
2, 00 mètres	8, 00 mètres carrés
2, 50 «	7, 00 « «
3, 00 «	6, 20 « «
3, 50 «	6, 00 « «
4, 00 «	5, 80 « «
4, 50 «	5, 60 « «
5, 50 «	5, 40 « «
6, 00 «	5, 25 « «

On suppose, dans ce tableau, que la diagonale de ces carrés correspond au diamètre éclairé.

Pour les lampes à arc de 800 bougies normales, on compte une surface de 1200 à 1500 mètres carrés, lorsqu'elles illuminent une cour, et 500 à 600 mètres carrés quand elles éclairent un hall (de marché ou de gare).

Pour l'éclairage des fabriques avec des lampes à arc de 500 bougies normales, on calcule sur une base de 150 mètres carrés.

Dr H. Michaelis

Angleterre

Une torpille électrique. — On a dernièrement fait des expériences près de Brightlingsea avec la nouvelle torpille électrique du colonel Lay de l'armée des États-Unis. Cette torpille a la forme d'un cylindre en laiton, de 6 mètres de long et d'un diamètre de 45 c.m.

L'extrémité est pointue, et contient une charge de 70 k. de roburite. L'hélice est à trois branches actionnée à la vitesse de 500 tours par minute au moyen d'un moteur sphérique Tower de 16 chevaux marchant à l'acide carbonique comprimé.

L'hélice est montée à l'avant de la torpille et deux gouvernails se trouvent à l'arrière. Entre ces deux gouvernails se trouve un tube par lequel débouche un câble électrique à deux conducteurs.

Le câble se déroule d'un tambour placé à l'intérieur à travers le tube, pendant la marche de la torpille. Celle-ci est mise en mouvement ou arrêtée au moyen de courants électriques envoyés dans le câble, et qui permettent également de diriger le bateau, de régler l'immersion et de faire partir la charge. Généralement, la torpille avance près de la surface et, quand on désire plonger, on ouvre une soupape qui admet de l'eau, pour remonter, ou introduit de l'acide carbonique au-dessus de l'eau pour expulser celle-ci.

L'explosion a lieu par l'intermédiaire d'amorces à haute tension avec des courants d'induction.

Action des chocs sur les aimants. — M. W. Brown a dernièrement fait des expériences en vue de déterminer l'effet des chocs sur les aimants permanents.

Voici sa manière d'opérer :

Les aimants étaient mis de côté après l'aimantation, pendant un certain temps variant de une heure à trois mois. On observait ensuite la déviation produite par l'un d'eux, pour en calculer son moment magnétique ; on le laissait alors tomber une seule fois, d'une hauteur de 1 à 5 mètres, et l'on observait de nouveau la déviation.

Cette opération était répétée trois fois de la même manière.

Tous les aimants étant successivement soumis à la même série d'opérations on calculait la perte du moment magnétique entraînée par la première chute, par les trois suivantes, et enfin par les quatre.

M. Brown a constaté par ces expériences qui ont eu lieu au laboratoire de physique de l'Université de Glasgow, que, pour deux aimants trempés à la dureté du verre, la perte du moment magnétique provoquée par la percussion diminuait selon le temps plus ou moins long, écoulé entre l'aimantation et les expériences de choc.

Quatre autres aimants, dont deux étaient recuits jusqu'à la coloration jaune, et deux jusqu'au bleu, semblaient indiquer une désaimantation d'autant plus forte qu'ils étaient recuits davantage.

Ce point demande cependant confirmation.

Le premier choc entraîne la perte de la plus grande partie de l'aimantation.

Un nouveau téléphone. — Le professeur Georges Forbes et l'auteur, ont dernièrement essayé de transmettre la parole au moyen d'un fil fin chauffé par un courant électrique. Une petite longueur de fil de platine mince d'un diamètre de 0,125 m. m., était mise en circuit avec un accumulateur et le fil primaire d'une bobine d'induction. Le fil secondaire était relié à un récepteur téléphonique.

Le courant de l'accumulateur était assez puissant pour porter ce fil au rouge. En parlant contre le fil, on entendait plus ou moins distinctement dans le téléphone. Le fil était tendu dans une ouverture étroite à l'extrémité fermée d'une boîte, dans laquelle on parlait.

Pour la première expérience, nous nous sommes servis simplement d'une boîte en bois, dans laquelle on avait pratiqué une fente pour y tendre le fil.

Plus tard, nous avons fait faire une boîte spéciale en métal avec une rainure ajustable, dans laquelle était tendue une certaine longueur de fil de platine de Wollaston. L'emploi de ce fil donnait des résultats un peu meilleurs, il était plus fin que l'autre et d'un diamètre d'environ 0,025 à 0,075 millimètre.

Nous avons également essayé de remplacer le fil de platine par des ressorts de montre en acier ou en platine irridié, chauffé par le courant, mais tout en donnant des résultats semblables, ils étaient déformés par la chaleur.

Les meilleurs résultats ont été obtenus en interposant un diaphragme en caoutchouc entre le fil et la bouche.

L'expérience, dont la première idée appartient au professeur Forbes, s'explique par la supposition que les ondes qui rencontrent le fil, refroidissent celui-ci et modifient sa résistance, ce qui change ainsi la résistance du circuit primaire. Quelques mots arrivaient assez distinctement, tandis que d'autres étaient sourds et incompréhensibles.

J. Munro

États-Unis

Signal électrique pour les trains de chemin de fer, système Bickford. — Depuis quelque temps déjà, plusieurs chemins de fer du Massachusetts se servent de l'indicateur Bickford que nous avons déja décrit dans ce journal. L'inventeur vient d'y ajouter un système complet de signaux, à l'aide desquels les voyageurs ou les employés d'un train peuvent avertir instantanément le mécanicien d'arrêter, en cas d'accident, ou pour toute autre cause.

Chaque wagon est pourvu de fils, et les diverses communications se font au moyen d'un couplage spécial, qui permet d'établir le circuit entre tous les wagons d'un même train.

Lorsqu'il s'est agi d'étudier l'appareil le plus pratique pour atteindre ce résultat, les essais qui ont été faits ont démontré que le dispositif qui consistait à placer dans le voisinage du mécanicien une sonnerie remontée par un ressort, n'offrait pas le degré de sécurité voulu, attendu qu'il dépendait du mécanicien de remonter ou non la sonnerie.

Les sonneries a trembleur furent essayées ensuite; mais on reconnut qu'il était difficile de les maintenir réglées; qu'en outre, elles nécessitaient, pour fonctionner, l'emploi d'une pile plus forte; de plus, il arrivait fréquemment qu'elles donnaient de faux signaux, occasionnées par les trépidations violentes de la machine en marche.

Le système auquel on s'arrêta fut un timbre ou gong électro-mécanique, que nous représentons ci-après (fig. 1), et qui est disposé de telle sorte qu'il donne un signal déterminé à chaque pression exercée sur un bouton placé dans le wagon. Le levier d'armature est équilibré de telle sorte que les trépidations ou les secousses sont sans action sur lui.

De plus, il est assez sensible pour qu'il suffise de deux éléments d'une pile pour le faire fonctionner sur un train de longueur ordinaire.

Le remontage de la sonnerie s'opère automatiquement par le mécanisme représenté figure 2.

Lorsque le ressort est complètement remonté, le cliquet abandonne les dents de la roue à rochet, afin de permettre au levier-remontoir de se mouvoir de nouveau librement, sans agir sur le ressort,

Si l'on se reporte à la figure, on verra que le levier-remontoir est pourvu d'un long cliquet qui, lorsque le levier se meut, s'engage dans les dents de la roue à rochet ; mais, dans sa position normale, il est maintenue hors de prise par un goujon, afin de ne pas empêcher la rotation de la roue dans le sens opposé.

A l'extrémité inférieure du cliquet est fixé un doigt recourbé qui porte contre une pièce de forme triangulaire fixée dans l'axe de la roue étoilée.

Sur l'axe même de la roue à rochet est monté un petit disque pourvu d'une saillie excentrique qui s'engage dans les crans de la roue étoilée et

repousse la pièce triangulaire contre le doigt recourbé du cliquet, maintenant ainsi ce dernier hors de prise de la roue à rochet, pendant toute la durée du mouvement du levier-remontoir. Ce dernier est relié, au moyen d'une corde ou autrement, avec un levier quelconque placé sur la locomotive, et appelé à être fréquemment manœuvré à la main.

On pourrait choisir, à cet effet, le levier qui fait fonctionner le sifflet de la locomotive, et grâce à l'usage fréquent que l'on fait de ce dernier, le ressort de la sonnerie serait maintenu constamment remonté. D'ailleurs, pour parer à toute

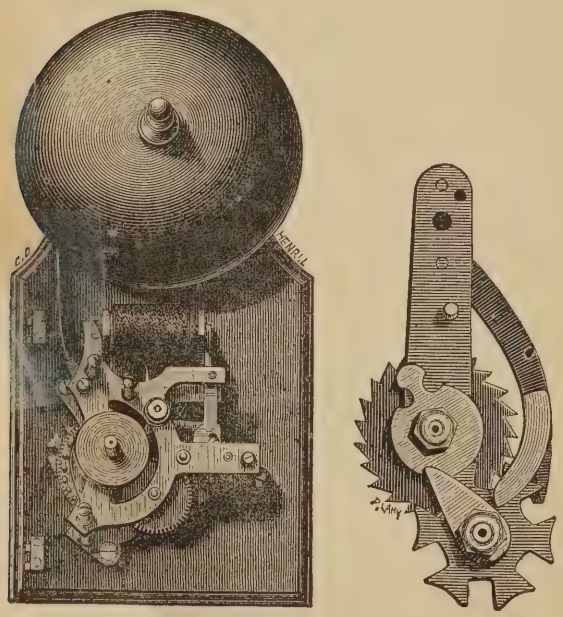


Fig. 1 et 2

éventualité, la sonnerie est calculée de facon à fournir 115 signaux avant que son ressort soit détendu.

Le mode d'accouplement des fils des wagons d'un train est représenté en perspective figure 3. Il a été combiné de façon à préserver les contacts électriques de l'action de la pluie, de la fumée et de la vapeur. Une moitié du manchon est représentée figure 4, afin de faire voir la structure intérieure.

Comme on le voit, le manchon complet porte quatre ressorts, deux sur chaque moitié, venant s'agrafer sur le rebord ou bourrelet de la moitié opposée, afin d'assurer un contact parfait. Chaque moitié du manchon porte à sa face de jonction un goujon pénétrant dans un trou ménagé à cet effet dans la moitié opposée et comprimant un ressort placé à l'intérieur et servant à établir un circuit entre le manchon et le bourrelet, lorsque les deux moitiés sont séparées.

En d'autres termes, ce ressort ferme le circuit du train, faisant ainsi retentir la sonnerie du mécanicien et l'avertissant lorsqu'un wagon se détache accidentellement du train.

Le mode d'attache de la corde flexible aux fils à l'intérieur du wagon est représenté sur les figures 5, 6 et 7. Les brides que portent les manchons de raccordement sont vissées à l'extérieur et le fil de l'intérieur s'y rapporte et s'y soude.

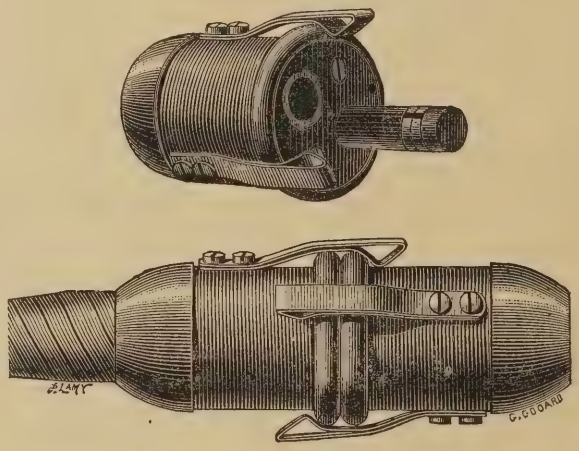


Fig 3 et 4

Les bouts du câble s'adaptent dans les manchons et s'y agrafent.

Cette disposition a été adoptée pour que, en cas d'accident, un employé quelconque du train puisse remplacer le manchon détérioré.

Freins électriques, système Ries.— A diverses reprises, on a cherché à faire intervenir l'électricité pour faire fonctionner les freins à friction des chemins de fer.

Mais dans bien des cas ces tentatives ont échoué, principalement par suite de la tension sondaine et du choc exercés sur les parties mobiles du mécanisme du frein et sur les roues, ainsi que de la brusquerie avec laquelle les freins venaient s'appliquer aussitôt que le circuit qui les commande était établi.

Ainsi, cette qualité si importante de l'électri-

cité, sa promptitude d'action, qui, dans cette application comme dans tant d'autres, devait la rendre si avantageuse, devenait, dans ce cas, un inconvénient, uniquement parce qu'elle excluait la possibilité de contrôler et de graduer le courant.

Une autre difficulté consistait dans le réglage de la force du frein, de façon à la proportionner aux exigences du service pratique.

M. Elias E. Ries, de Baltimore, croit être parvenu à surmonter tous ces obstacles, et cela d'une manière fort simple, par l'emploi dans le circuit du frein, d'un appareil de fermeture automatique du circuit, pourvu de deux leviers indépendants.

L'un de ces leviers est sous le contrôle du mé-

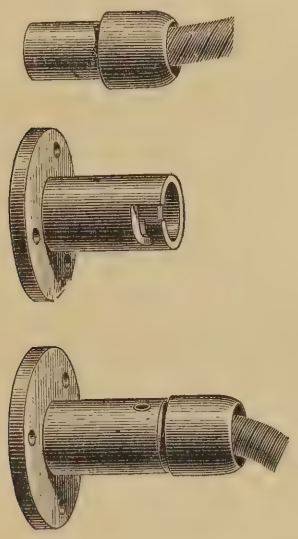


Fig. 5, 6 et 7.

canicien, qui, par ce moyen, modère à volonté l'action des freins. L'autre fonctionne automatiquement et, tandis que l'on fait mouvoir le premier, le second agit de façon à transmettre et à augmenter graduellement le courant aux appareils électro-magnétiques des freins, jusqu'à ce qu'ils aient atteint le degré de puissance voulu, déterminé par la position du premier levier.

Par ce moyen, le mécanisme des freins est non-seulement préservé des efforts soudains, mais encore, lorsque la vitesse du levier transmetteur est réglée, les freins peuvent être appliqués et le train arrêté dans l'espace de temps le plus court possible.

Ce système est représenté dans la figure 8 ci-après.

Une batterie d'accumulateurs, (représentée en lignes noires pleines) est reliée avec les aimants des freins placés près des roues; elle est en connexion avec un manipulateur, en sorte que le mouvement du levier fait entrer successivement l'élément dans le circuit.

Une bobine en segment d'anneau circulaire (à gauche sur la figure) est reliée en dérivation sur la batterie, son noyau se prolonge dans un dash-pot correspondant qui a pour mission de régler le mouvement et d'empêcher la pénétration trop rapide du noyau dans le solénoïde, lorsque ce dernier est excité.

Le levier de contact, ainsi que le noyau et la

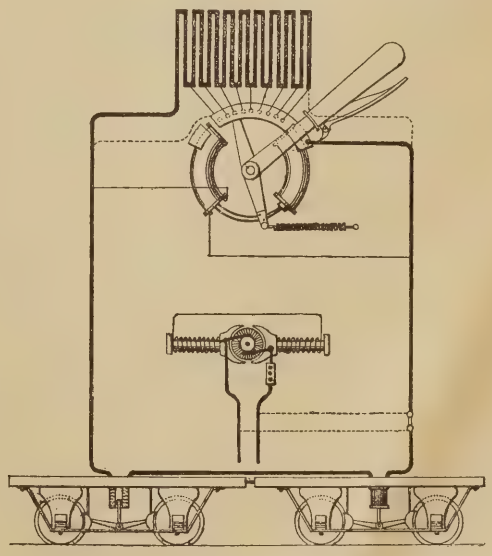


Fig. 8

tige de piston qui y sont fixés, sont ramenés en arrière par un ressort à boudin, de sorte que lorsque aucun courant ne passe dans le solénoïde, le levier repose sur le premier contact, à gauche.

Le fonctionnement de l'appareil a lieu comme suit: lorsque le levier principal de fermeture du circuit est amené de sa position normale, à un point quelconque de la plaque de contact, soit par exemple, à l'extrême droite de l'appareil, seul, le courant du premier élément de la pile secondaire passe dans le circuit du frein. Mais le solénoïde, étant excité par le courant dérivé qui le traverse, commence à attirer le noyau et fait mouvoir le levier de contact jusqu'au second

point de contact, faisant entrer ainsi deux éléments dans le circuit du frein, tout en augmentant sa propre force. Cela continue de la sorte, chaque élément nouveau introduit dans le circuit augmentant la force d'attraction du solénoïde et faisant avancer davantage le noyau ; mais le dash-pot étant réglé de façon à limiter et modérer le mouvement de la tige de piston, le passage du levier sur les différents points de contact s'opère graduellement et d'une manière uniforme jusqu'à ce que tous les éléments de la pile soient entrés dans le circuit.

Si toutefois l'on désire ne pas introduire la batterie entière daus le circuit du frein, on se borne à faire mouvoir le levier du manipulateur un peu moins à droite que dans le cas précédent, et là, il est retenu en place par le cliquet du secteur. Le fonctionnement sera le même que dans le premier cas, sauf que, lorsque le levier de contact aura avancé suffisamment, il rencontrera une saillie que porte le levier régulateur et sa marche sera ainsi arrêtée.

Dans les cas où les wagons marchant au moyen de moteurs électriques recevant le courant d'une station centrale, on remplace les piles par des résistances, de façon que les bobines du frein soient reliées graduellement à la source principale du courant. Cette variante est également représentés sur la figure.

On comprendra par ce qui précède que l'appareil de fermeture du circuit peut ne pas se borner à régler et contrôler l'admission du courant dans les appareiles électro - magnétiques d'un frein, mais qu'il peut s'appliquer encore à d'autres objets, tels que l'éclairage par incandescence, dans le but d'empêcher l'usure trop rapide des filaments provoquée par les variations soudaines de la température, résultant de l'arrivée ou de la suppression trop brusque du courant.

J. Weztler

NÉCROLOGIE

Blavier et son œuvre

Lorsque la mort est venue, d'une façon si imprévue, enlever Blavier à l'administration des télégraphes, nous ne pûmes que consacrer ici quelques lignes au savant que tous ses amis pleuraient.

Quoique étranger à l'administration, il nous avait été souvent donné de causer avec l'auteur du *Traité des grandeurs électriques*, et nous préparions modestement une note biographique, quand nous avons appris que M. Raynaud, professeur à l'École supérieure de télégraphie, préparait une notice sur la carrière administrative et les travaux scientifiques de E.-E. Blavier. Cette notice est naturellement destinée aux *Annales télégraphiques*, dont Blavier a été le rédacteur illustre.

Nous avons sous les yeux les notes de M. Raynaud et nous appelons l'attention de tous les électriciens sur le travail qui va paraître dans les *Annales*, car ce sera non seulement la biographie de l'homme de bien que nous avons connu, mais aussi l'histoire des tribulations qui attendent les savants rivés à la chaîne administrative.

Fils d'un ingénieur des mines actuellement en retraite, frère du lieutenant-colonel d'artillerie récemment décédé et de l'ingénieur des mines, sénateur actuel du département de Maine-et-Loire, Blavier était entré à vingt-deux ans dans l'administration des lignes télégraphiques. Il avait, à sa mort, quarante ans de service dans l'administration, et était directeur de l'École supérieure de télégraphie.

M. Raynaud nous montre Blavier entrant dans la télégraphie comme élève-inspecteur en 1846, c'est-à-dire au moment où les grands bras du télégraphe Chappe, ornement bizarre des tours Saint-Sulpice et de bien d'autres tours, allaient être remplacés par le télégraphe électrique de Foy-Bréguet, dont les signaux pouvaient, à première vue, être interprétés par les employés habitués au télégraphe Chappe.

Blavier fut un de ceux qui défendirent le plus énergiquement ce type, aujourd'hui disparu, de télégraphe électrique contre l'abbé Moigno, partisan acharné de l'appareil à aiguille de Wheatstone, dit appareil anglais ; non que Blavier eût des tendances rétrogrades, mais parce qu'il lui paraissait cruel de voir mettre à la retraite des employés du télégraphe aérien que la pratique du télégraphe Chappe mettait immédiatement à même de lire et d'émettre les signaux de l'appareil Foy-Bréguet.

Cette sollicitude de Blavier pour ses plus humbles collègues de la télégraphie est la caractéristique de cet esprit éminemment bienveillant et profondément humain. C'est certainement à cette sollicitude philanthropique qu'il faut attribuer les efforts de Blavier comme professeur de télégraphie et comme vulgarisateur; il souhaitait ardemment de transformer les employés des télégraphes en auxiliaires précieux de la science électrique, et c'est pour atteindre plus sûrement ce but qu'au commencement de l'année 1855 Blavier, appelé à la résidence de Nancy, se mit à écrire son *Cours théorique et pratique de Télégraphie électrique*, qui devint en peu de temps le *vade mecum* de tous les Français qui, soit en France, soit à l'étranger, eurent à s'occuper de télégraphie.

La première Exposition universelle française eut lieu cette même année à Paris et donna un nouvel élan à la télégraphie électrique; l'appareil Morse venait de remplacer l'appareil à signaux; M. de Vougy venait de succéder à M. Foy, admis à la retraite. C'est alors que, grâce à l'initiative de Saigey, collègue et ami de Blavier, l'administration créa les *Annales télégraphiques*, dont le but était de tenir les intéressés au courant de tous les progrès accomplis en France et à l'étranger.

Ces *Annales* étaient, limitées à la télégraphie, ce que devait être plus tard notre journal *La Lumière Électrique*, pour toutes les manifestations de l'électricité; aussi Blavier compte-t-il parmi nos collaborateurs. C'était peut-être beaucoup de faire un journal uniquement pour la télégraphie, que l'inique décret du 27 décembre 1851 avait interdite au grand public d'une façon si sévère, et le moindre mouvement dans le personnel arrêta souvent la publication des *Annales*.

M. de Vougy, très fonctionnaire et assez peu savant, grand ennemi des inventions par conséquent, voyait d'un assez mauvais œil ses employés, et Blavier était du nombre, devenir des professeurs; aussi retira-t-il à Blavier le soin de former les futurs ingénieurs des télégraphes pour le confier à deux savants théoriciens, MM. Guillemin et Burnouf. Si ces messieurs n'ont pas laissé un grand nom dans la théorie de l'électricité, ils en ont laissé un bien moindre encore dans la télégraphie pratique.

Doux et persévérant, Blavier, qu'une certaine fortune personnelle plaçait au-dessus des petites misères administratives, continua paisiblement son service à Nancy, appliquant aux problèmes qu'il rencontrait, comme praticien, les ressources de son esprit mathématique. C'est ainsi qu'il publia une note célèbre intitulée : *Formules relatives aux dérangements*.

Dans cette note, Blavier indique le moyen de calculer par des expériences faites à un poste terminus, la distance d'une perte à la terre, du genre de celle que produit fréquemment sur une longue ligne la chute d'un fil télégraphique aérien sur un sol mouillé.

La formule trouvée par Blavier a eu dans la télégraphie sous-marine des conséquences tellement remarquables pour la recherche des défauts de câbles, que les grands électriciens étrangers, et notamment Latimer Clark, ne l'appellent que *formule de Blavier*.

C'est par millions qu'il faudrait compter les conséquences économiques de cette formule, car c'est grâce à elle qu'une durée nouvelle a pu être assurée à des câbles depuis longtemps immergés et dont une partie de l'âme était mise en communication avec l'armature par une circonstance fortuite.

Dès 1857, Blavier devenu un praticien hors ligne fut rappelé à Paris, et chargé du cours d'application de l'électricité à la télégraphie. Depuis cette époque, on retrouve le nom de Blavier associé à celui des plus illustres parmi les électriciens de notre époque.

Nous ne saurions mieux faire que de renvoyer nos lecteurs à l'étude que M. Raynaud a commencée et continuera dans les *Annales* sur les travaux de son ancien chef.

En dehors de ses grands mérites comme électricien, Blavier restera un modèle de cette rare et affectueuse bienveillance pour les jeunes, sans distinction d'école ni d'origine, qui était le charme dominant des polytechniciens de son époque; ce n'est pas à sa mémoire qu'on reprochera jamais les mesquineries de la camaraderie exclusive, qui n'est au fond qu'une forme de l'égoïsme conscient et inquiet de sa propre médiocrité.

La douleur sincère de la foule, rangée en silence derrière son cercueil, disait assez que Blavier avait été surtout l'ami de tous ceux dont il avait été le professeur vénéré.

JULES BOURDIN

CORRESPONDANCE

Monsieur le Directeur,

Je viens de lire, dans le n° 11 de la Revue que vous dirigez, un *fait divers* relatif à la *Société Madrilène d'Électricité*, et où sont formulées des appréciations qui me paraissent en désaccord avec le ton ordinaire de votre journal.

Cette note se rapportait au peu de succès que la grève des consommateurs du gaz a eue à Madrid, et laisse entendre qu'une intelligence serait intervenue entre cette Société et la Compagnie du gaz; on semble confirmer ce doute en signalant, d'un côté, le tarif de la seconde, et de l'autre, le prix de l'éclairage électrique que le Cercle de l'Union Mercantile paye à la première.

Il est vrai que pour cet éclairage qui ne dure que jusqu'à une heure du matin, et qui consiste en 150 lampes à incandescence de 16 bougies et 2 foyers Gramme de 1300 bougies, le Cercle paye à la Société 30,000 francs par an; mais, en examinant le fond de la question, il aurait été facile de voir que cette somme correspond à un tarif de 6 centimes par heure et par lampe à incandescence et de 1 franc par lampe à arc, un prix qui peut soutenir victorieusement la comparaison que vous établissez, et qui est certainement peu fait pour justifier le doute peu bienveillant émis.

Dans l'espoir que vous voudrez bien faire insérer cette rectification, j'ai l'honneur, etc.

José Casas

Directeur de la Société Madrilène d'Électricité.

FAITS DIVERS

Nous apprenons qu'il n'a jamais été question de supprimer l'installation mécanique au Nouveau Cirque, ainsi que nous l'avons annoncé par erreur. Si le gaz a été installé, c'est uniquement pour faciliter les répétitions et éviter la mise en marche d'une machine à vapeur.

Le nombre des demandes de brevets en Allemagne, a suivi depuis 1883 une progression constante, tandis que le nombre des brevets accordés, a diminué ainsi qu'on le voit par le tableau suivant :

	Demandes	Brevets accordés
1883	8,121	4,848
1884	8,607	4,459
1885	9,408	4,018
1886	9,991	4,008

Il en résulte que, tandis qu'en 1881 on a accordé des brevets pour 51 o/o des demandes, on n'en a accordé que 40 o/o en 1886; et cela s'explique, car, au fur et mesure que le nombre des brevets accordés augmente, il devient plus difficile de trouver une invention n'ayant pas déjà été publiée ou même brevetée.

Les recettes du bureau des brevets se sont élevées à 1,900,000 francs, contre 825,000 francs de dépenses, laissant un bénéfice net de 1,075,000 francs. Le plus grand nombre des demandes de 1886 (395) concernaient des inventions électriques.

Les plaidoiries dans le procès Bell devant la Cour suprême des Etats-Unis sont maintenant terminées, mais on ne s'attend pas à une décision avant quelques mois.

Éclairage Électrique

Le Conseil municipal de Paris est actuellement saisi de la proposition suivante, déposée par MM. A. Lopin et E. Rischard.

« Une Commission spéciale de 10 membres, dont 5 élus « par le Conseil municipal de Paris, et 5 désignés par « l'Administration préfectorale, sera chargée d'étudier les « moyens de créer immédiatement un service municipal « d'éclairage électrique.

« Cette Commission devra déposer le plus tôt possible « un rapport, tendant à la création d'une ou de plusieurs « usines de distribution de force électrique, tant pour le « service de la voie publique que pour celui des particu- « liers ».

Voici le texte de l'Ordonnance prise par M. le Préfet de police, concernant l'éclairage électrique dans les théâtres, cafés-concerts et autres spectacles publics :

Paris, le 21 février 1887.

Nous, Préfet de police,

Vu la loi des.....

Vu l'avis du Conseil d'hygiène publique et de salubrité de la Seine et celui de la Commission supérieure des théâtres ;

Considérant que l'emploi de la lumière électrique tend à se généraliser et qu'il y a lieu, pour prévenir les dangers d'incendie et assurer la sécurité du public, de soumettre ce mode d'éclairage à une réglementation spéciale lorsqu'il sera mis en usage dans les théâtres, cafés-concerts et autres spectacles publics,

Ordonnons ce qui suit :

CHAPITRE PREMIER

Formalités préliminaires

Article premier. — Toute personne voulant installer la lumière électrique dans un théâtre, café-concert ou autre lieu public soumis à notre autorisation, est tenue d'en faire la déclaration à la Préfecture de police.

Il sera joint à l'appui de la demande :

1° Un plan détaillé, en triple exemplaire, indiquant : l'emplacement des générateurs, des machines à vapeur, à gaz ou à air, des machines dynamo-électriques, des piles, des accumulateurs, et le tracé des conducteurs ;

2° Une note explicative sur les machines motrices, leur force en chevaux-vapeur, sur les machines dynamo-électriques et sur les lampes à arc ou à incandescence, leur nombre et leur pouvoir éclairant ;

3° Un échantillon de chacun des fils ou câbles employés pour cet éclariage (3 mètres au moins).

Art. 2. — Les travaux ne pourront être commencés qu'après que l'Administration aura fait notifier au déclarant s'il y a ou non des modifications à introduire dans l'exécution des plans et projets déposés.

Art. 3. — La mise en usage de l'éclairage électrique ne pourra avoir lieu qu'après avis favorable de la Commission supérieure des théâtres, devant laquelle un éclairage d'essai sera préalablement fait.

Art. 4. — Après réception des appareils, aucune modification ne pourra être apportée à l'installation, sans l'accomplissement des mêmes formalités.

CHAPITRE II

Chaudières, machines et conduits de fumée

Art. 5. — Les machines à vapeur, les machines à gaz ou les machines à air actionnant les machines dynamo-électriques, et les foyers des machines à vapeur, ne pourront être placés dans les parties du local accessibles au public ou aux artistes.

Art. 6. — Les foyers des chaudières à vapeur et le combustible destiné à leur alimentation devront être placés dans des locaux distincts construits en matériaux complètement incombustibles, avec portes en fer, et séparés des autres dépendances de l'établissement par des murs en maçonnerie ainsi que par des voûtes ou des planchers en fer, hourdés de briques d'épaisseur suffisante.

Ces locaux seront convenablement ventilés, soit naturellement par des prises d'air débouchant hors des voies publiques, ou par des courettes suffisamment isolées des dépendances de l'établissement, soit par des moyens mécaniques, de telle sorte que la température ambiante ne dépasse jamais 40 degrés.

Art. 7. — On se conformera, pour l'installation des chaudières à vapeur, aux règlements d'administration publique en vigueur.

Art 8. — Les conduits de fumée seront en briques d'une épaisseur et d'une section suffisantes pour l'importance des foyers qu'ils desservent. Ils seront toujours montés à 5 mètres en contre-haut des souches de cheminées voisines dans un rayon de 200 mètres.

Ces conduits de fumée devront être placés à l'extérieur des bâtiments, dans les cours ou courettes, à moins de dispositions particulières spécialement autorisées, après avis de la Commission supérieure des théâtres.

CHAPITRE III

Piles, accumulateurs et machines dynamo-électriques

Art. 9 — Les piles électriques, les accumulateurs, seront installés dans un local spécial bien ventilé et, dans le cas d'émission de vapeurs nuisibles, placés sous des hottes avec des cheminées d'appel entraînant les gaz et les vapeurs au-dessus des toits. Les acides et autres produits chimiques destinés à leur entretien seront enfermés sous clef et ne devront jamais rester à la disposition du personnel de l'établissement.

Art 10. — Les machines dynamo-électriques seront placées dans un endroit sec, ne contenant aucune matière facilement inflammable. Elles seront montées sur un massif isolant et entourées d'une plate-forme tenue dans un état de propreté suffisant pour éviter tout accident aux personnes chargées du service de la surveillance.

Le service sera fait par des surveillants et des ouvriers expérimentés. Les précautions à prendre en vue de la sécurité seront inscrites sur un tableau affiché en vue des ouvriers.

CHAPITRE IV

Câbles et fils conducteurs

Art. 11. — Tous les conducteurs, dans la chambre des machines, seront solidement supportés, convenablement arrangés pour la surveillance, marqués et numérotés.

Art. 12. — Les commutateurs employés pour diriger le courant seront construits de manière que, dans une position quelconque, il ne puisse se produire d'arc permanent ni d'échauffement dangereux ; leur support sera en ardoise, calcaire ou tout autre matière incombustible.

Art. 13. — Le tableau qui portera les aiguilles et commutateurs sera muni d'un voltmètre et d'un ampèremètre par circuit, et s'il y a lieu, de rhéostats régulateurs.

Art. 14. — On disposera, en connexion sur les deux branches avec le conducteur principal, des fusées de sûreté faites d'un métal aisément fusible, et qui fondront si le courant vient à atteindre une force trop considérable.

Tous les passages d'un fil fort à un fil faible seront

protégés par l'emploi de deux fusées de sûreté qui, dans tous les cas, ne devront laisser passer que la quantité d'ampères pour lesquels les fils des circuits ont été calculés. Ces coupe-circuits seront établis de manière à être parfaitement à l'abri de toute humidité.

Art. 15. — Chaque partie du circuit sera calculée pour que le diamètre des fils employés soit bien proportionné au courant qui devra les traverser. L'intensité du courant ne devra pas dépasser deux ampères par millimètre carré de section.

Art. 16. — La force électromotrice maxima des courants alternatifs ne pourra dépasser 120 volts. Pour les courants continus, la différence de potentiel ne devra pas dépasser 300 volts aux bornes des machines ou à l'entrée du théâtre si la source d'électricité est extérieure.

Art. 17. — Lorsque la source d'électricité viendra du dehors, les deux câbles conducteurs seront pourvus d'une aiguille de dérivation, qui permettra d'interrompre automatiquement l'entrée des courants supérieurs à 300 volts, ainsi que d'un voltmètre et d'un ampèremètre. Ces appareils seront placés aussi près que possible de l'ouverture par laquelle les câbles pénètrent dans l'établissement.

Art. 18. — On n'emploiera que des circuits métalliques complets, l'emploi des conduites d'eau et de gaz et des parties métalliques de la construction pour compléter le circuit est interdit.

Art. 19. — Les fils seront recouverts d'une matière isolante et l'isolement des conducteurs atteindra 300 mégohms par kilomètre.

Art. 20. — Tous les fils et câbles seront solidement fixés et constamment maintenus séparés les uns des autres à 10 millimètres au moins pour les lumières à arc. L'espace entre les fils et les pièces métalliques de la construction sera de 60 millimètres, à moins que le câble ne soit placé sous plomb.

Art. 21. — Quand les fils conducteurs reposeront sur des supports isolés ou traverseront des planchers, paliers, murs ou cloisons, ou quand ils se croiseront, ils devront être protégés par une seconde enveloppe de métal autre que le plomb.

Art. 22. — Tous les fils qui seraient à la portée de la main du public ou du personnel de l'établissement seront placés sous des moulures en bois facilement reconnaissables.

Art. 23. — Si la source d'électricité est en dehors de l'établissement, l'électricité ne pourra y être introduite que par une seule ouverture.

CHAPITRE V

Lampes

Art. 24. — Les lumières nues sont prohibées.

Art. 25. — Les lumières à arc seront protégées par des globes de verre fermés à la partie inférieure et surmontés d'une cheminée avec grille pour arrêter les étincelles et les particules de carbone incandescent.

Art. 26. — Toutes les parties des lampes susceptibles d'être touchées avec la main seront isolées du courant.

Les globes et les enveloppes en verres seront entourés d'un grillage métallique, si leurs fragments peuvent être projetés sur le public ou le personnel du théâtre.

Art. 27. — Les câbles de suspension de lampe seront incombustibles et indépendants des fils conducteurs, lesdits fils ne pouvant, dans aucun cas, servir de suspension aux lampes.

CHAPITRE VI

Eclairage de secours

Art. 28. — Si l'établissement était primitivement éclairé au gaz, et si ce mode d'éclairage est conservé pour les cas d'extinction subite de la lumière électrique, la canalisation sera toujours maintenue en parfait état et, tous les mois, à la visite mensuelle, en présence de la Sous-Commission, il sera fait un essai de l'éclairage au gaz.

Des manomètres, destinés à vérifier l'état de la canalisation, seront placés sur les points désignés par la Commission.

Art. 29. — Dans les parties de l'établissement où le gaz ne serait plus en usage, l'ancienne canalisation ne pourra rester en communication avec les parties conservées, et les tuyaux seront coupés, afin que le gaz ne puisse y être introduit.

Art. 30. — Dans tous les cas, l'éclairage au moyen de lampes à huile, prévu par l'art. II de l'ordonnance du 16 mai 1881, sera maintenu.

Art. 31. — Par exception, et après avis de la Commission supérieure des théâtres, les lampes à l'huile pourront être remplacées par des lampes à incandescence, chacune d'elles étant spécialement alimentée par une pile ou par une batterie d'accumulateurs. Dans ce cas, les lampes de secours devront avoir une coloration différente pour les distinguer des autres lampes.

Art. 32. — Les théâtres, cafés-concerts et autres lieux publics déjà éclairés à la lumière électrique, dont l'installation ne serait pas conforme aux prescriptions de la présente ordonnance devront y satisfaire dans un délai de six mois.

Art. 33. — Sont rapportés l'article.....

Le *Préfet de Police*,
GRAGNON

La Société récemment créée pour fournir la lumière électrique au quartier du Panthéon a déjà commencé ses travaux. L'usine, établie au haut de la rue de la Montagne Sainte-Geneviève, est à peu près terminée, du moins quant aux maçonneries ; on attend les machines à vapeur et les dynamos ; celles-ci, du système Brown, viennent

des ateliers d'Oerlikon, qui fournissent d'ailleurs tout le matériel électrique.

Les câbles distributeurs du courant seront établis sous les trottoirs, l'autorisation en a déjà été accordée par l'administration ; ils sont fabriqués par la maison Berthoud, Borel et Cie.

MM. Clerc et Rony viennent de fonder une Société d'éclairage électrique sous le titre de : *Compagnie française d'éclairage électrique*. L'objet social est ainsi défini par les statuts :

« Cette Société a pour objet l'éclairage par l'électricité, spécialement des maisons sises à Paris, entre la rue du Faubourg Montmartre et la rue Drouot ou de tout autre emplacement qui serait ultérieurement décidé.

Le capital social est fixé à 75,000 francs, divisé en 150 actions de 500 francs chacune, dont le premier quart seulement est payable à la souscription.

Les fondateurs reçoivent, en rémunération de leurs apports, vingt-quatre de ces actions entièrement libérées et cent parts de fondateurs.

M. Labre, ingénieur hydrographe, à Cherbourg, nous envoie les renseignements suivants :

La batterie cuirassée, le *Furieux* en construction dans le Port de Cherbourg, vient d'être pourvue d'une installation d'éclairage électrique, par les soins de MM. Sautter, Lemonnier et Cie.

Cet éclairage important comprend :

2 projecteurs de 1,600 Carcels, environ 150 lampes à incandescence de 16 bougids, réparties dans le carré des officiers, chez le commandant, dans la batterie, les tourelles, etc.

Les feux de route et de position sont également pourvus de lampes à incandescence.

L'éclairage électrique est fourni par une machine Gramme, actionnée par un moteur Brotherood, qui alimente simultanément toutes les lampes et les projecteurs.

On trouve également à bord une machine de combat, montée sur un moteur Brotherood de la même force que la première, et enfin une troisième machine de réserve.

Il n'y a aucune autre particularité à signaler dans l'installation, sinon l'emploi des porte-lampes, système Pieper formées d'un ressort spiral, et qui ont déjà été décrites dans *La Lumière Électrique*.

Le même correspondant nous écrit :

Le Yacht de plaisance, *Ile de Jersey* du *Nautic-Club*, vient de faire un voyage pour éprouver comment se comporte en mer l'installation d'éclairage électrique, dont il vient d'être pourvu ; il a fait escale pendant cinq jours dans la rade de Cherbourg.

Cet éclairage comporte, outre les feux de route et de positions fournis par des lampes à incandescence de 100 bougies, 200 lampes de 25 bougies et un projecteur de 1000 carcels.

Les lampes à incandescence sont du système Gimé et fonctionnent, non dans une ampoule vide, mais dans une ampoule contenant du gaz hydrogène à l'état radiant.

Ce gaz, porté à l'incandescence par la chaleur développée dans le filament d'une disposition et d'une composition nouvelles, forme autour de celui-ci une auréole stratifiée qui diffuse la lumière de telle sorte que la rétine reçoit l'impression d'un globe gazeux, lumineux, sans distinguer le filament incandescent.

D'après les renseignements recueillis, il paraîtrait que la lampe Gimé de 25 bougies, type normal, n'absorbe pas une énergie électrique bien supérieure à la lampe Edison de 100 volts (16 bougies).

Les dynamos employées sont des dynamos Ackermann à hautes tensions et à régulation automatique, actionnées par deux moteurs Farrey à grande vitesse de 25 chevaux.

Les lampes à incandescence sont d'après les besoins de l'éclairage groupées en séries de 10 sur des circuits dérivés comportant des différences de potentiels de 900 volts à leurs extrémités.

Le projecteur est actionné par les deux dynamos simultanément, mais alors on met hors circuit 100 lampes à incandescence au moyen d'un système de commutation très ingénieux dû à l'agent de M. Gimé, l'ingénieur Juliani, qui a dirigé l'installation.

Il paraîtrait que la nouvelle lampe à incandescence Gimé, qui est complètement en dehors des brevets antérieurs pris en Angleterre, sera sous peu mise en exploitation dans ce pays.

L'agent de l'inventeur, tout en suivant la marche des procès actuellement pendants, n'attendrait que le retour de celui-ci pour profiter à bon compte du matériel de fabrication des maisons à qui il serait interdit de continuer cette industrie.

La nouvelle direction des Collieries de l'ouest, à Mons en Belgique, vient de faire installer la lumière électrique à incandescence dans les puits d'accès des mines. C'est la première installation électrique dans cette partie de la Belgique.

Le Grand Hôtel de Bruxelles est actuellement éclairé en totalité par l'électricité. Cette installation, la plus importante faite en Belgique, comprend 1200 lampes à incandescence de 10 à 20 bougies et 14 foyers à arc de

600 bougies. Les lampes sont réparties dans tous les locaux depuis les magnifiques et célèbres caves à bourgogne jusqu'aux combles. Chaque chambre de voyageurs à 2 lampes de 10 bougies Les arcs éclairent la cour d'honneur et la façade. Toute l'installation a été entreprise par MM. L. Gérard et Cie, de Bruxelles.

Un des points les plus remarquables de cette installation est le petit espace occupé par le moteur et la dynamo. Les deux dynamos Léon Gérard desservant les lampes sont à petite vitesse (500 tours); ce système permet d'éviter l'emploi de transmissions auxiliaires et les machines sont actionnées au moyen de simples courroies. Le moteur est du type Corliss à marche lente et silencieuse. La salle affectée au service de la chaudière du moteur et des deux dynamos a 4 mètres sur 7,50 mètres.

L'ensemble des circuits est divisé au tableau distributeur en dix circuits distincts correspondant aux divers services de l'hôtel; un tableau spécial permet de grouper à volonté les machines entre elles et les circuits. Tous les conducteurs de la salle des machines sont apparents et polis. L'aménagement luxueux de la salle des machine fait le plus grand honneur à l'administration du grand hôtel.

L'éclairage électrique ne tardera pas à être introduit à Esch-sur-l'Alzette, dans le grand duché de Luxembourg. Une demande en concession, présentée par MM. Tudor frères, d'Echternach, a, paraît-il toutes chances d'être accordée.

Télégraphie et Téléphonie

Nous extrayons de la statistique du département des postes et télégraphes de l'empire d'Allemagne pour l'année 1885 les renseignements suivants, qui indiquent une progression remarquable dans l'organisation des réseaux téléphoniques urbains :

	Résultats constatés à la fin de l'année 1885	Résultats constatés à la fin de l'année 1884
Nombre des localités pourvues de réseaux téléphoniques urbains	103	55
Longueur en kilomètres des lignes employées au service des réseaux téléphoniques urbains	3,309,78	1,839,25
Développement des fils conducteurs compris dans ces lignes, kilomètres	26.834.35	15.760.63
Nombre des bureaux téléphoniques centraux	110	57
Nombre de postes téléphoniques (non compris les postes téléphoniques officiels)	14.136	8.417
Ce nombre comprend : 13.498 (7850) postes têtes de ligne, 602 (531) postes intermédiaires, 36 (36) cabines de bourses.		
Nombre des appareils employés pour le service téléphonique urbain	21.740	12.572
Nombre d'abonnés pour l'utilisation en commun des réseaux téléphoniques urbains	12.710	7.220
Nombre des cabines téléphoniques publiques dans 17 (12) villes	31	22
Nombre de lignes de correspondance entre réseaux téléphoniques urbains de villes différentes	95	66

	Pendant l'année 1885	Pendant l'année 1884
Nombre des communications téléphoniques établies par les bureaux centraux	12.957.699	5.940.536
Savoir :		
a. entre postes téléphoniques de la même ville	11.940.644	5.635.497
b. entre postes téléphoniques de villes différentes	1.017.055	305.038
Total égal	12.957.699	5.940.036

Ainsi que nous l'avons annoncé dans le temps, M. le Ministre des Postes et Télégraphes a signifié le 31 décembre dernier, à la Compagnie française du Télégraphe de Paris à New-York, son refus formel d'approuver les conventions passées avec les compagnies anglaises syndiquées contrairement aux prescriptions de l'article 9 de la concession.

Les Compagnies anglaises ont intenté de ce chef un procès contre la Compagnie française, mais cette affaire, quoique appelée chaque samedi à l'ouverture du Tribunal de Commerce, ne sera sans doute pas plaidée de si tôt, à cause de la gravité des intérêts engagés et parce que l'État français se trouve directement mis en cause.

Le Gérant : Dr C.-C. Soulages.

Imprimerie de La Lumière Électrique, 31, boulevard des Italiens Paris. — L. Barbier.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME XXIII

A

Pages

Accumulateurs Scheneck et Farbaky..... 585
— *Union Electric Power and Light C°* 338
— Elieson..... 338
Acier manganique. — *Barret*..... 284
Actions électriques dans un milieu isolant (nature des). — *A. Vaschy*..... 131
— thérapeutique des courants de haute tension. — *Eulenburg* 485
— voltaïque (théorie de l'). — *Brown*..... 475
Aimantation des mélanges de fer et de charbon en poudre. — *Kobylin* et *Tereschin*. 639
Aimants (action des) et des agents thermiques dans l'hypnose hystérique. — *A. Righi* et *A. Tamburini*..... 284
— (action des chocs sur les).— *Brown*.... 649
Aluminium (du rôle de l') dans les couples voltaïques. — *Van der Weyde*..... 289
Ampèremètre absolu, Pellat. — *Ledeboer*..... 151
Ampoule (nouvelle) pour lampes à incandescence..... 540
Anneaux colorés de Nobili et phénomènes électrochimiques qui leur donnent naissance. — *Elsas* 331
— Gramme (application de la théorie de l'induction aux). — *Wolscott*..... 86
Appareil de Hammer pour attacher et détacher les lampes..... 390
— de sureté pour les installations d'éclairage électrique. — *E. Zetzsche*..... 351
— télégraphiques multiples à synchronisme (perfectionnements de M. R. G. Brown dans les)..... 391
— téléphoniques de MM. Dann et Lapp.. 143
Appel direct entre stations télégraphiques reliées par un même fil; système Amoric. — *D. Napoli*..... 608

Pages

Armatures (induits) Sylvanus Thompson... 207
— Gravier..... 207
— Van Choate..... 206
— Gramme modifiée par Diehl 540
Ascension aérostatique effectuée en vue d'étudier la distribution de l'électricité atmosphérique. — *P. Marcillac*..... 251

B

Bateau électrique sous-marin Campbell..... 36
Batteur de mesure électrique Carpentier. — *Dieudonné*..... 271
— mesure électrique..... 285
— de mesure électrique pour chef d'orchestre 584
Bibliographie. — L'Année électrique. P. Delahaye. — *J. Bourdin* 396
— La Galvanostégie H. Schaschl.—*A. Palaz* 445
— La Technique de la téléphonie. — Dr Wietlisbach.— *A. Palaz*..... 444
— Les téléphones usuels. C. Mourlon. — *B. Marinovitch* 295
Bibliothèque scientifique du Ministère des postes et télégraphes. — *P.-H. Ledeboer*.... 589
Bouton micro-téléphone du docteur C. Herz. — *B. Marinovitch*..... 3
Bobines d'induction (note sur les) ou les transformateurs. — *J. Hopkinson*..... 503

C

Câbles concentriques doubles de Siemens et Halske..... 435
— (méthode de Patterson pour la fabrication des)..... 440

Pages

Caractéristiques des machines dynamo-électriques (prédétermination des). — *G. Kapp*..... 28, 76 et 122
Charge électrique (répartition d'une) dans les corps conducteurs. — *A. Fœppl*..... 278
Champ magnétique (action d'un) sur l'écoulement du mercure. — *H. Dufour*..... 337
Chemin de fer électrique de Bentley-Knight, à New-York..... 193
— de fer électriques et funiculaires (comparaison des)..... 291
— de fer et tramways électriques. — *G. Richard*..... 463
— (signal électrique pour les trains de) système de Bickford..... 640
Circuits de sureté pour l'éclairage électrique. — *Edwin T. Greenfield*..... 341
Coefficient de self-induction de quelques téléphones (détermination du). — *S. Rasmussen* et *Dorn*..... 579
— d'induction (définition du). — *Ledeboer*. 108
— d'induction mutuelle (mesure du)..... 37
— d'induction mutuelle de deux bobines (sur la détermination du). — *Carey Foster*..... 531
— d'une spirale (mesure du). — *Wyss*... 477
Combinaison télégraphique nouvelle de J. Absterdam..... 287
Communication télégraphique avec les trains en marche. — *Ch. Ménabréa*..... 45
— télégraphique avec les trains en marche. — *Rosebrugh*..... 571
— téléphoniques (à propos de la distance maxima pour les). — *H. Preece*..... 505
Commutateurs T. et D. Higman..... 212
— de l' « Electrical Supply Cᵉ »..... 488
Compensateur automatique d'Elihu Thomson... 44
Compteur de temps Aubert pour lumière électrique. — *B. Marinovitch*..... 506
Condensation de la vapeur d'eau. — *Kalischer*... 176
Conducteurs flexibles soumis à des actions magnétiques. — *R. Lamprecht*..... 174
— Short et Nesmith (pour tramways électriques)..... 464
— Volk..... 463
— Williams..... 465
Conductibilité électrique des dissolutions salines de concentration moyenne. — *Bouty*,..... 525 et 568
— électrique des mélanges de solutions acides. — *Arrhenius*..... 332
— électrique des sels solides soumis à de fortes pressions. — *L. Graetz*..... 330
— électrique et coefficient de température du mercure solide. — *C. Weber*..... 171
Constante diélectrique des liquides (note additionnelle sur la). — *G. Quincke*..... 337
— de torsion des fils de cocon. — *J. Gray*. 167
Construction des machines dynamos (détails de). — *G. Richard*..... 206
Contrôleur téléphonique Smith et Sinclair..... 268

Pages

Correspondance : Lettres de MM.
— Casas..... 646
— A. Gravier, G. Richard..... 446
— Patterson et Cooper, R.-V. Picou.... 343
— Uppenborn..... 397
— Wibratte..... 496
— Note de la Rédaction relative à une lettre de M. Arnoux..... 247 et 397
— Rectification relative au procès Ganz et Cᵉ..... 148
Correspondances spéciales d'Allemagne. — *Michaëlis*.... 230, 385, 435, 485 582 et 639
— d'Angleterre. — *J. Munro*. 35, 135, 180 284, 338, 386, 437, 487, 537, 584 et 640
— d'Autriche. — *J. Kareis*.. 235, 387 et 585
des Etats-Unis. — *J. Wetzler*. 42, 86, 138, 185, 237, 387, 339, 390, 439, 488, 539, 587 et 641
Couplage de plusieurs dynamos en arc parallèle; système Siemens et Halske..... 389
Courants induits dans la masse de l'anneau d'une machine dynamo-électrique. — *H. Lorberg*..... 635
— téléphoniques (sur l'intensité des). — *C. Cross*..... 533

D

Décharges d'électricité statique (recherches sur les). — *K. Wesendonck*..... 379
— (modification des) à travers les gaz au voisinage d'une lame de platine incandescente. — *K. Wesendonck*..... 228
— ralenties (la durée des). — *P. Cardani*.. 283
Définitions et désignations en électrotechnique. *E. Dieudonné*..... 512
Détermination de la quantité. — *H. Himstedt*.. 279
Distributeur *V.* Stephen..... 267
Distribution électrique (problème de la). — *Poincaré*..... 130
Dispositif nouveau de W. R. Patterson pour les piles à chlorure d'argent..... 240
Durée de l'étincelle d'ouverture d'une bobine d'induction. — *C. Hünlich*..... 376
Dynamos à courants continus (théorie graphique des) — *R.-V. Picou*..... 13, 56 et 112
— (Essai des machines). *C. Hering*..... 80
— Ravenshaw et Trotter]..... 34
— (Étude sur les machines). — *J* et *E. Hopkinson*..... 365, 409 et 452
— de Clark..... 42
— Gravier..... 207
— Hopkinson..... 211
— Kapp..... 183
— Lahaussois..... 211
— Rankin Kennedy..... 35
— Thompson..... 202 et 209
— Van Choate..... 206

Pages

E

Éclairage des rues (système d'Edison pour l')..... 492
— électrique à Vienne..... 235
— électrique au moyen des lampes à incandescence à faible résistance de M. Bernstein..... 292
— électrique Brush, à Philadelphie..... 587
— électrique de l'Exposition des Colonies 386
— électrique de l'Olympia à Londres..... 285
— électrique du British Museum..... 37
— électrique en Angleterre (les progrès de). 538
— électrique dans les bâtiments publics.. 639
— électrique (nouveau tableau de communications pour l')..... 488
Effet Peltier (relation de l') à l'effet utile des éléments galvaniques. — *A. Goekel*..... 173
Élasticité (rapports entre l') et le magnétisme. — *C. Reignier*..... 158
Électricité de l'atmosphère (origine de l') et les grands phénomènes électriques de l'atmosphère. — *F. Larroque*..... 22 et 70
— qui se manifeste dans la formation des brouillards. — *L. Palmieri*..... 451
— (développement d') dans la fabrication du chocolat..... 437
— (recherches sur la transmission de l') à faible tension par l'intermédiaire de l'air chaud. — *R. Blondlot*..... 327
Électro-aimants (détermination pratique des) par M. E.-L. French. — *G. Richard*.. 161
— *P.-H. Ledeboer*..... 309
Electrodes (échauffement des) dans l'air très raréfié. — *A. Naccari* et *G. Guglielmo*. 283
Electrodynamomètre balance ou ampèremètre
— absolu de M. Pellat. — *P.-H. Ledeboer* 151
Electrolyse de l'argent et du cuivre, et application de l'électrolyse à l'étalonnage des galvanomètres. — *Th. Gray*..... 428
— des solutions alcalines. — *Duter*..... 376
— (recherches sur l'). — *A. Minet*. 273, 324, 372, 421 et 611
— de l'acide sulfurique. — *Richarz*..... 172
Elément galvanique nouveau d'Aron..... 436
— magnétiques (valeur actuelle des) à l'observatoire du parc Saint-Maur. — *Th. Moureaux*..... 166
Equation fondamentale de l'induction produite par des aimants en rotation et nouvelle classe de phénomènes d'induction. — *E. Budde*..... 434
Etincelle électrique et les mélanges explosifs.... 233
— électrique (recherches sur l') dans les liquides. — *C.-A. Mebius*..... 578
Exposition universelle de 1889. Ouverture du soir; éclairage électrique. — Rapport adressé par le directeur de l'exploitation..... 543

Pages

F

Faits divers :
— *Accumulateurs* à Cologne..... 397
— *Annuaire* du bureau des longitudes pour 1887..... 247
— *Appareils* Hugues à Paris..... 249
— — portatifs Siemens et Halske.. 296
— — pour l'explosion de cartouches de dynamite sous l'eau..... 596
— *Assemblée* générale des sociétés exploitant les brevets Edison en France..... 47
— *Avertisseur* automatique électrique de M. Linon..... 147
— *Brevets* dans les Pays-Bas..... 247
— — en Allemagne,..... 646
— — en Allemagne (annulation de).. 535
— — (poursuite en contrefaçon)..... 498
— *Câble* direct entre la France et les Antilles..... 348
— — du monde entier (nomenclature des)..... 229
— — entre les Antilles et la Guyane. 550
— — entre Massouah et Perim..... 497
— — et conducteurs électriques en Italie..... 497
— — (nouveau) de l'usine Westinghouse..... 300
— — (rupture des) à Philadelphie... 450
— — reliant Massouah et Aden-Suez. 348
— — sous-marin entre la France et les Antilles..... 449
— — télégraphique du Tonkin (loi concernant le)..... 49
— — télégraphique entre l'Irlande et l'Angleterre..... 49
— — télégraphique entre San-Juan del Sul et Panama..... 100
— — télégraphique entre Zanzibar, Maurice et la Réunion..... 50
— — télégraphique (réparation d'un). 100
— — transatlantiques (trafic sur les). 50
— *Charbons* pour lumière électrique aux Etats-Unis..... 199
— *Chemin* de fer électrique, Budapest, (Autriche)..... 47
— — Lucerne..... 98
— — Baltimore, Philadelphie..... 497
— — Elberfield à Barmen..... 549
— *Cible* automatique de M. Arnoult..... 247
— *Commission* chargée de décerner un prix d'électricité..... 266
— *Communication* (une) de M. Pedretti... 296
— *Concours* international de Bruxelles.... 197
— *Constructions* souterraines, à New-York. 248
— *Courroies* de transmissions (perfectionnement des)..... 446
— *Décès* de M. Blavier..... 279

Pages

Faits divers :

— — de M. Von Miller..... 397
— *Décrets* et arrêtés concernant l'établissement d'une correspondance téléphonique entre Paris et Bruxelles..... 349
— *Décret* relatif aux brevets en Belgique. 446
— *Disposition* relative aux brevets en Angleterre..... 596
— *Dynamo* Ferranti..... 49
— *Éclairage électrique* :
— en Allemagne..... 399 et 497
— à Barcelone..... 48
— à Berchem..... 347 et 499
— à Boston..... 547 et 498
— à Bruxelles..... 99, 597 et 649
— de l'Exposition universelle .. 398 et 448
— de l'Hotel-de-Ville 398
— de l'India-Rubber, Gutta-Percha and Telegraph Works..... 447
— à Liège..... 347 et 549
— à Los Angelos..... 446
— à Metz..... 199 et 549
— à Mons..... 649
— à New-York ..... 49 et 399
— à Nice..... 99, 197 et 448
— du Nouveau cirque..... 448, 458 et 646
— de l'Opéra..... 197 et 346
— à Paris ..... 646, 648 et 649
— à Philadelphie..... 100
— à Scheibbs..... 448
— à Temesvar..... 347 et 497
— à Angers, Anvers, Bielitz-Biela, Magasins généraux de La Vilette, Reims, Saint-Hilaire-du-Harconet 47
— à Davos, Fribourg, Gare de Chiasso, Leamington, Tavistock, Théâtre de San-Carlo..... 49
— à Belgrade, Christiania, Filipstad Belgrade Philadelphie 99
— Place du Carrousel, Fontainebleau
— à Nice, Bayreuth, Metz..... 197
— à Lorca, Rome, Turin, Cathédrale de Milan, Nécropoles d'Egypte, vaisseau le « Chicago »..... 199
— à Talavera, Valentigny 248
— à Cherbourg, Penzance, San-Paulo, Tivoli 296
— du Bon-Marché, Exposition de Manchester, Hopital de Watermael, Institutde Franklin, navires la « Numancia » et le « Pilar »..... 347
— à Milan. Stockholm..... 399
— à Trieste, Vienne..... 489
— du Bureau de la «Gazette de Cologne»,
— à Darmstadt, Hambourg, Lubeck, Théâtre d'Exeter..... 497
— du Collège de Cardiff, Indes, Kansas,
— Mobile, navires américains, Washington, Statue de « la Liberté »,
— des trains en marche aux Etats-Unis. 498
à Lyon, Madrid..... 549

Pages

Faits divers :

— aux Etats-Unis, Lamarch, Liverpool, Ynishir 598
— du Canal de Suez, Canaries, Francfort, Elysée, Espagne..... 597
— Batterie « Le Furieux »..... 649
— Yacht « Ile de Jersey et Nautic-Club. 649
— *Electricité* (utilisation des chutes du Rhin à Schaffouse pour la production de l')..... 99
— *Essais* comparatifs du gaz et de l'électricité, à Barcelone..... 248
— *Exposition* de Barcelone..... 549
— — d'électricité, à Mexico..... 199
— *Fabrication* des charbons pour lampes à incandescence..... 99
— — des filaments des lampes à incandescence..... 99
— *Feux* flottants reliés électriquement... 596
— *Fils* (fabrication des) d'acier..... 247
— — électriques entre Brooklyn et New-York..... 346
— — électriques (mise sous terre de) à New-York..... 549
— — électriques (mise sous terre de) à New-York..... 549
— *Fournitures* de l'*American Bell Telephone C°*..... 250
— *Foyers* à arc à Scheibbs..... 47
— — électriques sur le canal de Suez. 199
— — électriques pour locomotives.. 498
— *Incendie* à Providence..... 346
— — de la maison de M. Bell..... 248
— *Installations* d'éclairage électrique de la Compagnie Edison..... 149
— — de la Compagnie Edison de Chicago 399
— — d'un dynamo à l'Hôtel Continental..... 596
— *Jauge* Edison..... 596
— *Lampes* à incandescence (transport des) et (traitement des verres pour). 597
— (variations des surfaces éclairées par les)..... 648
— — électriques sous-marines..... 598
— — Swan (molécules d'air dans une)..... 497
— *Lignes* électriques de la Seine (arrêté concernant les)..... 98
— Le Dr Zetsche..... 345
— *Maladie* de M. Edison..... 197 et 447
— *Machines* dynamos (construction de) à Berlin..... 199
— *Microphone* appliqué en Allemegne à la découverte des fuites d'eau.. 147
— — Berliner..... 148
— *Micro-téléphone* du Dr Cornelius Herz (expériences entre Paris et Bruxelles). 550
— *Moteurs* électriques pour canons..... 549
— — pour éclairage électrique (concours relatif aux)..... 197

Pages

Faits divers :

— *Nomination* du directeur du Laboratoire central d'électricité..... 47
— — d'un inspecteur de la télégraphie militaire..... 496
— *Ordonnance* du Préfet de police, concernant l'éclairage électrique..... 646
— *Pile* Eisenmann..... 596
— *Platine* (prix du) à Saint-Pétersbourg.. 247
— *Pose* de la tour des téléphones à Madrid. 148
— *Procès* Bell..... 596 et 646
— — « Brooks Telegraph Construction C° »..... 500
— — Ganz et C°..... 346
— *Programme* du concours de Bruxelles. 397
— *Récompenses* de la « Society of Arts ».. 397
— *Réseau* de la « Southern Telegraph C° ». 499
— *Ruptnre* des câbles entre Marseille et Alger, Paris et New-York, Saint-Pierre et Brest..... 348
— *Rupture* du câble entre Marseille et Alger..... 400
— — entre la Compagnie française du télégraphe de Paris à New-York et les syndicats anglais. 297 et 650
— *Société* d'éclairage électrique Pilsen et Joël, en Angleterre..... 147
— — d'éclairage électrique « Saint-James Electric Light C° »..... 347
— — électrique en Suisse... 358 et 447
— — électrique de France..... 247
— — pour le travail électrique des métaux..... 397
— *Society* of Telegraph Eugineers and Electricians..... 248
— *Tarif* de la « Boston Electric Light C° ». 249
— *Télégraphe* de sureté Tausig..... 298
— — électrique (invention du)... 49
— *Télégraphie :*
— Albany..... 100
— Allemagne..... 200, 249 et 550
— Amérique du Nord..... 550
— Angleterre.... 200, 249, 298, 449 et 598
— France..... 399
— Indes..... 299, 450 et 598
— Maroc..... 450, 550 et 598
— Suède..... 349
— Univers..... 249
— Wurtemberg..... 400
— Brésil, New-York..... 200
— Londres, Péra..... 298
— Barcelone, Canada, Chine, Port-Bon.. 348
— Espagne, Marseille..... 499
— militaire en Autriche..... 298
— *Télégraphiques* (bureaux) en Europe...
— — (communications) avec la Chine. 50
— — (communications) avec les trains en marche..... 100
— — (convention) entre la Suissse, l'Allemagne..... 297

Pages

Faits divers :

— — (ligne) à New-York..... 50
— — (ligne) entre San-Francisco et Santa-Cruz..... 460
— — (modifications subies par les communications)..... 147 et 550
— — (organisation des lignes) en Allemagne..... 108
— — (réseaux) modifications aux.... 299
— — (tarifs) arrêtés par la conférence de Berlin..... 147
— — (tarif de la « Baltimore and Ohio Telegraph C° »..... 249
— *Téléphone* (validation d'un contrat fait par)..... 50
— — Dann et Lapp, à Rochester..... 148
— *Téléphonie :*
— en Allemagne..... 499 et 599
— en Amérique..... 550 et 600
— en Autriche..... 400, 450 et 500
— à Barcelone..... 250 et 400
— en Belgique..... 450 et 600
— à Berlin..... 400 et 450
— en Ecosse..... 300 et 500
— en France..... 300 et 500
— à Gênes..... 250, 300 et 458
— à Munden..... 200 et 500
— à Vienne..... 200 et 500
— à Bruxelles, Glaris..... 200
— aux Duché de Hesse, Flensbourg et Gluksbourg, Grand-Saint-Bernard, Londres, Ramsgate et Margate, San-Tomé..... 250
— en Autriche et Silésie, Nouvelle Zélande 300
— à Christiana, New-York, Plimouth.. 450
— en Chine, New-York et Chicago, Paris et Bruxelles..... 500
— à Brême, Stettin et Berlin..... 600
— *Téléphoniques* (câbles) en Allemagne.. 200
— — (communication) entre Berlin et Halle..... 49
— — (communication) entre Paris et la province..... 650
— — (communication) entre Zurich et Aarau..... 48
— — en Espagne (décret règlementant les)..... 148
— — (expérience) au Palais Bourbon. 349
— — (expérience) en Angleterre..... 660
— — (expérience) de M. Preece..... 400
— — (expériences) entre Paris et Bruxelles..... 98 et 296
— — (exposition) à Bruxelles..... 500
— — (installation de la ligne) entre Paris et Bruxelles; entre New-York et Philadelphie..... 50
— — (installation de postes) dans les écoles de Paris..... 100
— — (ligne) entre Augsbourg et Munich..... 147

Pages

Faits divers :
— — (réseaux) de la « South of England Telephone C° 380
— — (réseau) de Paris à Bruxelles... 200
— *Tempêtes* en Angleterre 98
— *Traction* électrique, à New-York 248
— — électrique à Rio-de-Janeiro.... 98
— — électrique à Vicnne, à New-York. 197
— *Tramway* électrique à Bône 377
— — électrique à Bône 397
— *Tremblements* de terre à Marseille 496
— *Usine* centrale d'électricité :
— à Rome, Valence 48
— à Sheffield 49
— à Lubeck, Wiesbade 99
— à Bayreuth 197
— à Erfurth 199
— à Berlin, Breslau, Elshorn, Hambourg, Lubeck 248
— à Salzbonrg 448
— à Elberfeld ..... 549 et 597
— à Olmütz 597
Fantômes magnétiques. — *C. Decharme*... 260 et 564
Fils (destruction des) télégraphiques et téléphoniques 184
Flux (détermination des) de force des systèmes électromagnétiques quelconques. Méthode de la servo-variation de l'induction. — *G. Cabanellas* 472
— d'induction (essais relatifs au) dans les machines dynamos. — *Swinburne*.... 584
— d'induction (méthode de détermination du) qui traverse un système électromagnétique. — *R. Arnoux* 473
Force électromotrice de l'arc électrique (mesure de la). — *Von Lang* 227
— de décomposition d'un électrolyte. — *Ledeboer* 356
— électromotrice et polarisation des plaques de terre des lignes télégraphiques. — *R. Muller* 637
Freins électriques système Ries 642

G

Galvanomètre à grande sensibilité. — *J. Kollert* 134
— apériodique de Edelmann 484
— de torsion (emploi du) de Siemens pour la mesure des courants intenses. — *W. Kohlrausch* 276
— (petit) de poche à miroir de T. Edelmann 277
— absolu. — *R.-W. Willson* 175
Grandeurs physiques (esssai sur la déterminalion des). — *Raverot* 101

Pages

I

Indicateur de courant de Hartmann et Braun.... 384
— (nouveau) de niveau d'eau pour chaudières. — *J. Ghegan* 142
Inducteurs Gravier 208
— Hopkinson 201
— Lahaussois 211
— Sylvanus Thompson 210
Induction de Diehl (système d') pour insérer les lampes à incandescence dans les circuits à arc 489
Inflammation des mélanges explosifs et du grisou par l'étincelle électrique et les filaments incandescents 233
Interrupteur automatique pour les allumeurs électriques 539
— Bucknill 36

J

Jauge d'Edison (la nouvelle) 440
— électriques. — *E. Dieudonné*... 216 et 362
Joints pour les fiis d'éclairage éleetrique de *W.-J. Glover et C°* 287

L

Laboratoire central d'électricité. — *F. Géraldy*. 124
Lampes à arc à régulation pneumatique automatique de M. Leibold 383
— à arc Pieper. — *E. Meylan* 213
— à arc placées sur des circuits à incandescence, avec courants alternatifs, de J.-E.-H. Gordon 237
— à incandescence. — *Webber* 181
— à incandescence (degré du vide dans les) — *E. Dieudonné* ..... 415 et 466
— à incandescence (études récentes sur les) — *A. Palaz* 515
— à incandescence groupées en série de Thomson-Houston 392
— à incandescence, leur emploi et leur fabrication. — *C.-E. Webber*. 573 et 629
— à incandescence (à propos des) sur la mesure des faibles pressions. — *E. G.*... 616
Lignes de courant dans les milieux anisotropes et un cylindre tordu. — *B. Elie* 201
— de force (la tension des). — *R.-H.M. Bosanquet* 485
— équipotentielles et de flux dans un conducteur plan anisotrope. — *B. Elie*.. 51
— téléphoniques en duplex. — *A. Barret*. 95

Pages

Loi de Joule (la) est-elle rigoureusement applicable aux électrolytes. — *H. Jahn*..... 171
— électrodynamiques. — *E. Budde*..... 434
Lumière polarisée (Recherches sur la). — *Righi* 379 et 479

M

Machines à frottement. — W.-*G. Irish*..... 93
— dynamo-électriques (étude sur les). — *J. et E. Hopkinson*..... 365, 409 et 452
— dynamos, générateurs et moteurs. — *C. Rechniewski*..... 414
— dynamos (prédétermination de la caractéristique des) *Kapp*..... 28, 76 et 122
— (note sur les) à courants alternatifs. — *J. Hopkinson*..... 600
Magnétisme (recherches récentes sur le). — *E. Meylan*..... 317
— sur la conductibilité thermique du fer (influence du). — *A. Battelli*..... 638
— terrestre. — *Marchand*..... 164
— terrestre. — *Moureaux*..... 166
— terrestre. — (relations du) avec les tremblements de terre. — *L. Descroix*.... 525
Mesure absolue de la résistance de colonnes de mercure dans le système électromagnétique. — *L. Lorenz*..... 180
— de la constante de la rotation du plan de polarisation de la lumière du sodium dans le sulfure de carbone. — *A. Koepsel*..... 230
— de la force électromotrice de décomposition d'un électrolyte. — *P.-H. Ledeboer*..... 356
— de l'intensité des courants. — *E. Kittler*..... 174
— des températures par les variations de résistance. — *H.-L. Callendar*..... 78
— (méthode de) de la force électromotrice de l'arc électrique. — *L. Arons*..... 219
— des courants intenses. — *Kohlrausch*... 276
— pratique des faibles résistances. — *P.-H. Ledeboer*..... 508
Métaux (travail des) à l'aide du courant électrique. — *Benardos et Olszewsky*..... 486
Microphone de campagne Drawbaugh..... 270
(emploi du) dans une expérience d'acoustique..... 283
Microscope électrique de S. Plœss et Cᵉ..... 387
Micro-téléphone du docteur Cornelius Herz (le — *B. Marinowich*..... 3
Moteur électrique Edgerton..... 91
Multiplicateur de potentiel. — W. *Hallwachs*... 335

N

Nécrologie. — Mᵐᵉ la comtesse du Moncel. — *La*

Pages

Nécrologie. — *Rédaction*..... 344
— Blavier et son œuvre. — *J. Bourdin*... 644

O

Ohm (évaluation de l'). — *F. Himstedt*..... 226
Oscillations électriques. — *A. Oberbeck*..... 179
— électriques (nouvelles méthodes pour observer les). — *C. Colley*..... 225
Ozone (développement de l') et son rapport avec l'état électrique de l'atmosphère..... 235

P

Parleur à aiguille Gilbert..... 386
Période variable du courant dans les électro-aimants. — *Leduc*..... 328
— variable du courant dans un système électromagnétique. — *R. Arnoux*.... 426
Phares électriques de Macquarie et de Tino. — *G. Richard*..... 301
Phénomène Peltier dans les liquides. — *Naccari et Battelli*..... 30
— pyro-électriques (théorie des). — *Duhem*. 622
Photographies d'éclairs. — *H. Kayser*..... 169
Photomètre Arnoux basé sur la loi du cosinus. — *E. Dieudonné*..... 555
Pile à eau (sur une forme simple et commode de la). — *A. Rowland*..... 478
— au bichromate de soude ou de potasse. — *S.-E. Harding*..... 220
— au chlore de M. Upward..... 537
— à utilisation de la chaleur de Kendall..... 243
— automatique de M. E. O'Keenan. — *B. Marinowitch*..... 314
— régénérables pour l'éclairage électrique. — *Fitzgerald*..... 584
— sèche de M. Shellford Bidwell..... 135
— sèches (origines des variations des) et moyens de les éviter. — *L. Palmieri*. 601
Polarisation des bobines de résistances. — *J. Mendenhall*..... 340
Poles (détermination des) dans les aimants. — *Mascart*..... 567
Pompe à mercure de Greisser et Friedrichs..... 336
Pont de Wheastone (généralisation de la loi du). *O. Frœlich*..... 177
Pouvoir inducteur spécifique (recherche sur le) des liquides. — *Negreano*..... 425
Poteau télégraphique de M. Gilbert..... 286
Potentiel des circuits d'éclairage à incandescence (méthode de Howell pour indiquer le)..... 231
Précis d'électricité ou extrait expérimental et théorétique des phénomènes électriques, par l'abbé Jacquet..... 342 et 393

Pages

Pression électrique et phénomènes électro-capillaires. — *P. Duhem*..... 132
Procès Bell en Amérique. — *C.-C. Haskins*..... 144
— Edison-Swan (à propos du) contre Woodhouse et Rawson. — *P. Clémenceau*..... 493
Production de l'électricité par la condensation de la vapeur d'eau. — *S. Kalischer*..... 176
— de l'ozone, du bioxyde d'hydrogène et de l'acide persulfurique dans l'électrolyse de l'acide sulfurique étendue. — *F. Richarz*..... 172

R

Récepteur téléphonique pour les communications des trains de M. E. Gilliland.... 443
Recherches expérimentales sur la lumière polarisée réfléchie par la surface équatoriale d'un aimant. — *A. Righi*. 379 et 479
Régulateurs électriques (les). — *G. Richard*.... 561
— électriques Amet..... 361
— électriques Bosanquet et Tomlinson... 563
— électriques Goolden Trotter et Ravenshaw..... 562
— électriques Willans..... 562
— Pieper. — *E. Meylan*..... 213
— Thomson pour machines dynamos..... 239
— Watson et Mordey..... 212
Relais téléphonique Conklin..... 143
— téléphonique ou répétiteur de Farmer. 42
Rendement commercial d'une dynamo (nouvelle méthode de détermination du). — *Ravenshaw et Trotter*..... 34
— des machines dynamo-électriques. — *C. Rechniewski*..... 311
Résistance apparente de l'arc voltaïque (recherches sur la). — *Cross et Shepard*..... 221
— au passage dans l'arc électrique. — *Edlund*..... 228
— électrique de l'air raréfié. — *Th. Homen*..... 228
— électrique de l'antimoine et du cobalt dans un champ magnétique. — *Faè*. 169
— électrique des gaz. — *E. Edlund*..... 551
— électrique du carbone (note sur l'effet des tensions). — *H. Tomlinson*..... 383
— électrique du cuivre aux très basses températures. — *S. Wroblewshi*..... 171
— et self-induction des conducteurs composés. — *Lord Rayleigh*..... 83
Rhéostat du Dr Gaertner..... 586
— à ruban métallique. — *A. Grosse*..... 282
— (considérations sur l'emploi des) comme régulateurs d'éclairage électrique. — *C. Reignier*..... 469 et 618

Pages

Rotation électromagnétique des liquides. — *E. Riecke*..... 174
— électromagnétique du plan de polarisation et quelques cas particuliers de la réfraction. — *Witt Brace*..... 229

S

Sonde marine électrique et avertisseur de bas fonds de Irish..... 339
Sonnerie électrique de Sledge et Slatter..... 384
Soudure électrique par le procédé du professeur Elihu Thomson..... 185
Spectres magnétiques (sur les) produits au moyen de substances peu magnétiques. — *E. Colardeau*..... 534
Suspensions en fil de cocon et leur constante de torsion. — *Th. Gray*..... 167

T

Télégraphe de M. Higgins (bourse de Londres) 37 et 133
— écrivant de Siemens et Halske (disposition nouvelle pour le)..... 462
— Absterdam..... 287
— Multiple à synchronisme de Brown.... 391
— Sextuplex Field..... 244
Téléphone nouveau de J. Morton..... 196
— nouveau de Forbes..... 640
— (nouveau dispositif pour). — *Askenasy*. 582
— Dann et Lapp..... 143
— Ferranti et Adenbroke..... 267
— Hamlin..... 267
— House (ancien)..... 138
— Lockwood..... 266
— J. Lorraine..... 183 et 266
— Smith et Sinclair..... 267
— Stephen..... 268
— S. Thompson (dynamo)..... 180
— Thompson et Jolin..... 266
— thermique de M. Preece (expériences sur le). — *R. Cross*..... 572
Téléphonie en duplex. — *Rosebrugh*..... 633
Téléphoniques (études) du professeur S.-P. Thomson..... 437
— (intensité des courants). — *Cross*..... 533
— (les communications) à grande distance — *F. Géraldy*..... 559
— (les communications) distance maxima. *Preece*..... 501
— (les communications) système Farmer.. 92

Pages

— (le service) à Berlin..... 583
— (recherches) de S. Thompson et Hughes 487
— (lignes) en duplex. — *Barret*..... 95
Télégraphiques (communications) avec les trains de chemins de fer. — *Rosebrugh*..... 571
— idem. — *C. Ménabréa*..... 45
Théorie de l'induction magnéto-électrique à l'anneau de Gramme (sur l'application de la). — *Townsend* Wolscott..... 86
— des unités; système C. G. S. — *G. Szarsady*..... 401
— graphique des dynamos à courants continus. — *Picou*..... 13, 56 et 112
Tourbillons moléculaires (grandeur des) de Maxwell, et densité de l'éther lumineux. — *L. Graetz*..... 230
Torpille électrique Lay..... 640
Transport de l'énergie (représentaion graphique de l'équation). — *Reignier*..... 352
— électrique de la force, à Oerlikon. — *Brown*..... 623

Pages

Transmissions Landley..... 213
Tramway électrique du système Fied 541
— électrique Elieson..... 338
— électrique Julien à New-York..... 290
— électrique Schlesinger de Philadelphie. 237
— Short et Nesmith..... 464
— Volk..... 463
— Willans..... 463

U

Unité mercurielle de Siemens (reproduction de l'). — *K. Strecker*..... 226
— (théorie des). — *Szarvady*..... 40
— (théorie des). — *Raverot*..... 101
Usine centrale de la Compagnie berlinoise pour l'éclairage électrique..... 230
— de la Compagnie Cowles, à Lockport.. 439
— en Amérique..... 89

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

Pages

A

Absterdam. — Télégraphe..... 287
Amet. — Régulateur..... 561
Amoric. — Appel direct..... 608
Aubert. — Compteur. — *B. Marinowitch*..... 506
Arnoux. — Méthode de détermination du flux d'induction qui traverse un système électromagnétique..... 473
— Sur la période variable du courant dans un système électromagnétique..... 426
— Photomètre. — *E. Dieudonné*..... 555
Arons. — Méthode de mesure de la force électromotrice de l'arc électrique..... 219
— Elément galvanique..... 436
Arrhenius. — Conductibité électrique des mélanges de solutions acides..... 332
Askenasy. — Nouveau dispositif pour le téléphone..... 582

B

Barrett (W.-F.). — Propriétés électriques de l'acier manganique..... 284
Barret (J.-A.) — Lignes téléphoniques en duplex. 95
Battelli. — Influence du magnétisme sur la conductibilité thermique du fer..... 638
Bentley-Knight. — Chemin de fer électrique... 693
Benardos et Olszewsky. — Travail des métaux à l'aide du courant électrique.. 486
Berstein. — Dispositif pour l'éclairage électrique. 292
Bikford. — Signal électrique..... 641
Bidwell. — Pile sèche..... 135
Blondot. — Recherches sur la transmission de l'électricité à faible tension par l'intermédiaire de l'air chaud..... 327
Bouty. — Sur la conductibilité électrique des dissolutions salines..... 525 et 568
Bosanquet. — La tension des lignes de force..... 485
B. et Thomlinson. — Régulateur..... 563
Bourdin. — Blavier et son œuvre..... 644
— L'année électrique (bibliographie)..... 396
Brace (Witt). — Sur la rotation électromagnétique du plan de polarisation et sur quelques cas particuliers de la réfraction..... 229
Brown. — Théorie de l'action voltaïque..... 475
— **(R.-G.).** — Dispostif télégraphique..... 391
— **(d'Oerlikon).** — Transmission de la force..... 623
Bucknill. — Interrupteur..... 36
Budde. — Lois électrodynamiques..... 434
— Sur l'équation fondamentale de l'induction produite par des aimants en rotation et sur une nouvelle classe de phénomènes d'induction..... 434

C

Cabanellas. — Détermination des flux de force des systèmes électromagnétiques quelconques. Méthode de la servo-variation de l'induction..... 472
Callendar. — Mesure des températures par les variations de résistance..... 78
Campbell. — Bateau électrique..... 36
Cardani. — La durée des décharges ralenties.... 283
Choate (Van). — Machine dynamo..... 206
Clark. — Machine dynamo..... 42
Clémenceau. — A propos du procès Edison-Swan, contre Woodhouse et Rawson..... 493
Colardeau. — Sur les spectres magnétiques produits au moyen de substances peu magnétiques..... 534

Pages

Colley (C). — Nouvelles méthodes pour observer les oscillations électriques..... 225
Conklin. — Relais..... 225
Cross. — Expériences sur le téléphone thermique de M. Preece..... 572
— Sur l'intensité des courants téléphoniques..... 533
Cross et Shepard. — Nouvelles recherches sur la résistance apparente de l'arc voltaïque..... 221

D

Dann et Lapp. — Téléphone..... 143
Decharme. — Sur les fantômes magnétique. 260 et 564
Delahaye. — L'année électrique..... 396
Descroix. — Sur les relations qui peuvent exister entre les variations magnétiques et les tremblements de terre..... 525
Diehl. — Armature Gramme..... 540
— Système d'éclairage..... 489
Dieudonné. — Batteur de mesure électrique..... 271
— Définitions et désignations en électrotechnique..... 512
— Degré du vide dans les lampes à incandescence..... 415 et 466
— Les jauges électriques..... 216 et 362
— Nouveau photomètre basé sur la loi du cosinus..... 555
Drawbaugh. — Microphone..... 270
Dufour. — Action d'un champ magnétique sur l'écoulement du mercure..... 337
Duhem. — Pression électrique et phénomènes électro-capillaires..... 132
— Théorie des phénomènes pyro-électriques..... 622
Duter. — Sur l'électrolyse des solutions alcalines. 376

E

Edelmann. — Galvanomètre de poche..... 277
— — apériodique..... 484
Edgerton. — Moteur..... 91
Edison. — Jauge..... 440
— Eclairage des rues..... 492
Edlund. — Résistance au passage dans l'arc électrique..... 228
— Sur la résistance électrique des gaz.... 551
Elie (B.). — Lignes équipotentielles et de flux dans un conducteur plan anisotrope. 51
— Sur les lignes de courant dans les milieux anisotropes et un cylindre tordu. 201
Elieson. — Tramway..... 338
Elsas. — Sur les anneaux colorés de Nobili et les phénomènes électrochimiques qui leur donnent naissance..... 331

Pages

Eulenburg. — Action thérapeutique des courants de haute tension..... 485

F

Faè (D^r). — Variations de la résistance électrique de l'antimoine et du cobalt dans un champ magnétique..... 169
Farmer. — Relais téléphonique..... 42
— Téléphone..... 93
Ferranti. — Téléphone..... 267
Field. — Télégraphe sextuplex..... 244
— Tramway électrique..... 541
Fitzgerald. — Piles régénérables pour l'éclairage électrique..... 584
Fœppl, — Répartition d'une charge électrique dans les corps conducteurs..... 278
Foster, — Sur la détermination du cofficient d'induction mutuelle de deux bobines. 37 et 531
Frœlich. — Généralisation de la loi du pont de Wheatstone..... 177

G

Gaertner. — Rhéostat..... 586
Géraldy. — Laboratoire central d'électricité..... 124
— Les communications téléphoniques à grande distance..... 559
Ghegan. — Indicateur de niveau d'eau..... 142
Gilbert. — Parleur à aiguille..... 386
Gilliland. — Récepteur téléphonique..... 443
Gokel. — Relation de l'effet Peltier à l'effet utile des éléments galvaniques..... 173
Gordon. — Système d'éclairage..... 237
Graetz. — Sur la conductibilité électrique des sels solides soumis à de fortes pression.. 330
— Sur la grandeur des tourbillons moléculaires de Maxwell et sur la densité de l'éther lumineux..... 230
Gravier. — Dynamo..... 207
Gray. — Sur l'électrolyse de l'argent et du cuivre,
— et sur l'application de l'électrolyse à l'étalonnage des galvanomètres..... 428
— Suspensions en fil de cocon, et leur constante de torsion..... 167
Greenfield. — Circuits de sureté pour l'éclairage électrique..... 341
Greisser et Friedrichs. — Pompe à mercure... 336
Grosse. — Rhéostat à ruban métallique..... 282
Guglielmo. — Echauffement des électrodes..... 283
G. E. — Mesure des faibles pressions..... 616

H

Hallwachs. — Multiplicateur de potentiel..... 335
Hamlin. — Téléphone..... 207

Pages

Hammer. — Appareil pour les lampes 390
Harding. — Les piles au bichromate de soude ou de potasse..... 220
Hartmann et Braun. — Indicateur de courant.. 384
Haskins. — Le procès Bell en Amérique..... 144
Hering (Carl). — Résultats pratiques des essais de machines dynamos fait à l'Institut de Franklin..... 80
Herz (C.). — Bouton micro-téléphone, B. Marinowitch..... 3
Higman. — Commutateur..... 212
Higgins. — Télégraphe de la Bourse de Londres 37 et 135
Himstedt. — Détermination de la quantité *v*.... 279
— Evaluation de l'ohm..... 226
Homen. — Résistance de l'air raréfié..... 228
Hopkinson (J. et E.). — Etude sur les machines dynamo-électriques..... 365, 409 et 452
— J. Note sur les bobines d'induction ou transformateurs 603
— J. Note sur les machines à courant alternatif..... 605
— Machine multipolaire..... 211
Homen. — Résistance électrique de l'air raréfié... 228
House. — Téléphone..... 138
Howell. — Indicateur et régulateur de potentiel.. 241
Hüntich. — Sur la durée de l'étincelle d'ouverture d'une bobine d'induction..... 376

I

Irish. — Sonde marine électrique..... 339

J

Jacquet (l'abbé). — Variétés..... 342 et 393
Jahn. — La loi de Joule est-elle rigoureusement applicable aux électrolytes..... 171
Julien. — Tramway électrique..... 290

K

Kalischer. — Sur la production de l'électricité par la condensation de la vapeur d'eau-. 176
Kapp. — Prédétermination des caractéristiques des machines dynamo-électriques.. 28, 76 et 122
— Dynamo..... 183
Kareis. — Correspondance spéciale de l'Autriche..... 235, 387 et 585
Kayser (H.). — Photographies d'éclairs..... 170
Keenan (O'.). — Pile *B. Marinovitch*..... 314
Kendall. — Pile..... 243
Kittler. — Mesure de l'intensité des courants..... 174

Pages

Kobylin et Tereschin. — Aimantation des mélanges de fer et de charbon en poudre..... 639
Kœpsel. — Mesure de la constante de la rotation du plan de polarisation de la lumière du sodium dans le sulfure de carbone..... 230
Kohlrausch. — Emploi du galvanomètre de torsion de Siemens pour la mesure des courants intenses..... 276
Kollert. — Galvanomètre à grande sensibilité.... 134

L

Lahaussois. — Transmission pour machine dynamo..... 211
Lamprecht — Conducteurs flexibles soumis à des actions magnétiques..... 174
Landley. — Machine dynamo..... 213
Lang (Von). — Mesure de la force électromotrice de l'arc électrique..... 227
Larroque. — Etude sur l'origine de l'électricité, de l'atmosphère, etc.....22 et 70
Lay. — Torpille électrique..... 640
Ledeboer. — Bibliothèque scientifique du Ministère des Postes et Télégraphes..... 589
— Définition des coefficients d'nduction.. 108
— L'électrodynamomètre balance ou l'ampèremètre absolu de M. Pellat..... 151
— Mesure pratique des faibles résistances. 508
— Sur la mesure de la force électromotrice de décomposition d'un électrolyte.... 356
— Sur les électro-aimants..... 308
Leduc. — Période variable du courant, etc..... 328
Leibold. — Lampe à arc..... 385
Lockwood. — Téléphone..... 266
Lorberg. — Courants induits dans la masse de l'anneau d'une machine dynamo..... 636
Lorenz. — Mesure absolue de la résistance des colonnes de mercure..... 180
Lorrain. — Téléphone..... 265

M

Marchand (E.). — Simultanéité entre certains phénomènes solaires et les perturbations du magnétisme terrestre..... 164
Marcillac. — Sur une ascension aérostatique effectuée en vue d'étudier la distribution de l'électricité atmosphérique..... 251
Marinovitch. — Bibliographie : Les téléphones usuels, par C. Mourlon..... 295
— Le bouton micro-téléphone du docteur Cornelius Herz..... 3
— Note sur la pile automatique de M. E. O'Keenan..... 314
— Sur un compteur de temps pour lumière électrique..... 505

Pages

Mascart. — Détermination des pôles dans les aimants 567
Mebius. — Recherches sur l'étincelle électrique dans les liquides 578
Mendenhall. — Polarisation des bobines de resistance 340
Menabréa. — Communications télégraphiques avec les trains en marche 45
Meylan. — Recherches récentes sur le magnétisme 317
— Régulateur Pieper 213
Michaëlis (Dr H.) — Correspondance spéciale de l'Allemagne. 230, 285, 435, 485, 582 639
Minet. — Recherches sur l'électrolyse. 273, 324, 372, 421 et 611
Morton. — Téléphone 136
Moureaux. — Valeur actuelle des éléments magnétiques à l'observatoire du parc Saint-Maur 166
Muller. — Force électromotrice et polarisation des plaques de terre des lignes télégraphiques 637
Munro. — Correspondances spéciales d'Angleterre. 35, 135, 180, 284, 338, 386, 437, 487, 537, 584 et 640

N

Naccarri et Guglielmo. — Echauffement des électrodes dans l'air très raréfié 283
— **Battelli.** — Effet Peltier dans les liquides 30
Napoli. — Appel direct entre stations télégraphiques reliées par un même fil, système Amoric 608
Negreano. — Recherches sur le pouvoir inducteur spécifique des liquides 425

O

Oberbeck. — Phénomène analogue à la résonnance offert par les oscillations électriques 179

P

Palaz. — Etudes récentes sur les lampes à incandescence 515
P.... (Dr A). Bibliographies : La Téléphonie, la Galvanostégie 444
Palmieri. — De l'électricité qui se manifeste dans la formation des brouillards 451
— Origine des variations de l'intensité des piles sèches et moyens de les éviter.. 601
Patterson. — Câble 440
Pellat. — Ampèremètre absolu 151

Pages

Picou. — Théorie graphique des dynamos à courants continus ..... 13, 56 et 112
Pieper. — Régulateur (lampe à arc) 213
Poincarré. — Problème de la distribution électrique 130
Preece. — A propos de la distance maxima pour les communications téléphoniques... 501
— Téléphone thermique 572

Q

Quincke. — Note additionnelle sur la constante d'électrique des liquides 337

R

Rankin Kennedy. — Dynamo 35
Rasmussen et Dorn. — Détermination du coefficient de self-induction de quelques téléphones 579
Raverot. — Essai sur les dimensions des grandeurs physiques 101
Ravenshaw. — méthode de détermination du rendement commercial d'une dynamo. 34
— Régulateur électrique 562
Rayleigh (Lord). — La résistance et la self-induction des conducteurs composés... 83
Rechniewski. — Le rendement des machines dynamo-électriques 311
— Machines dynamos; générateurs et moteurs 414
Reignier. — Considérations sur l'emploi des rhéostats comme régulateurs d'éclairage électrique ..... 468 et 618
— Rapports entre l'élasticité et le magnétisme 158
— Représentation graphique de l'équation du transport de l'énergie 352
Richard. — Chemin de fer et tramways électriques 463
— Détails de construction des machines dynamos 206
— Détermination pratique des électro-aimants, par M. L. French 161
— Les régulateurs électriques 561
— Les téléphones 265
— Phares électriques de Macquarie et de Tino 301
Richarz. — Production de l'ozone, du bioxyde, d'hydrogène et de l'acide persulfuri- dans l'électrolyse de l'acide sulfurique étendu 172
Riecke. — Rotation électromagnétique des liquides 174
Ries. — Frein électrique 642
Righi. — Recherches expérimentales sur la lumière polarisée ..... 379 et 479
— Photographies d'éclairs 282

Pages

Righi et Tamburini. — De l'action des aimants et des agents thermiques dans l'hypnose hystérique..... 284
Rosebrugh. — Téléphonie en duplex..... 633
— Communications télégraphiques avec les trains..... 571
Rowland. — Pile à eau..... 478

S

Schezet. — Disposition nouvelle pour le télégraphe écrivant de Siemens et Halske.. 462
— Isolateurs Gause..... 463
Schaschl. — La galvanostégie..... 445
Schlesinger. — Tramway..... 237
Short et Nasmyth. — Tramways électrique..... 464
Siemens et Halske. — Télégraphe écrivant..... 462
— Cables concentriques doubles..... 435
— Couplage des dynamos..... 389
Sledge et Slatter. — Sonnerie..... 384
Smith et Shinclair. — Téléphone..... 268
Stephen. — Téléphone..... 268
Strecker. — Reproduction de l'unité mercurielle de Siemens..... 226
Swinburne. — Essais relatifs au flux d'induction dans les machines dynamos..... 584
Szarvady. — Théorie des unités; système G. G. S. 401

T

Thompson (S.). — Machine dynamo..... 207 et 211
— **(S.) et Jolin.** — Téléphone..... 266
— Téléphone (*dynamo*)..... 180
Thomson (Elihu). — Compensateur pour électros..... 44
— Soudure électrique..... 185
— Régulateur..... 239
Tomlinson. — Note sur l'effet des tensions sur la résistance électrique du carbone..... 383

U

Upword. — Pile au chlore..... 537

Pages

V

Van der Weyde. — Rôle de l'aluminium dans le couple voltaïque..... 289
Vaschy. — Nature des actions électriques dans un milieu isolant..... 131
Volk. — Tramway électrique (voie)..... 463

W

Wattson et Mordey. — Régulateur..... 212
Webber. — Essais des lampes à incandescence... 181
— Les lampes à incandescence, leur emploi et leur fabrication..... 573 et 629
Weber (C.). — Conductibilité électrique et coefficient de température du mercure solide 171
Wesendonck. — Modification des décharges à travers les gaz au passage d'une lame de platine incandescente..... 228
— Recherches sur les décharges d'électricité statique..... 379
Wetzler. — Correspondances spéciales de l'étranger : Etats-Unis.... 42, 86, 138, 185, 237. 287, 339, 390, 439, 488, 539, 587
Wietlisbach. — Téléphonie..... 444
Willans. — Régulateur électrique..... 562
Williams. — Tramway électrique..... 465
Willson. — Galvanomètre absolu..... 175
Witt Brace. — Rotation électro-magnétique..... 229
Wollscott. — L'induction dans l'anneau Gramme. 86
Woodhouse et Rawson. — Procès contre Edison-Swan..... 493
Wroblewski. — Résistance électrique du cuivre aux très basses températures..... 171
Wyss. — Méthode de mesure du coefficient de self-induction d'une spirale..... 477

Z

Zetsche. — Appareil de sureté pour les installations d'éclairage électrique..... 351

234 12/98
37534 BUI
12
ICI INFORMATION CONSERVATION, INC.